

REC'D 27 SEP 1999

PCT/JP 99/04890

WIPO

PCT

08.09.99

日本国特許庁

EKU

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

09/786664

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application:

1998年10月27日

出願番号
Application Number:

平成10年特許願第322899号

出願人
Applicant (s):

興和株式会社

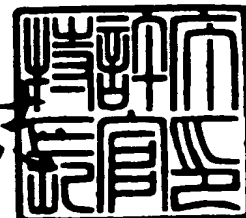
**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

1999年 4月30日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

山佐平



出証番号 出証特平11-302790C

【書類名】 特許願

【整理番号】 PA99C640

【提出日】 平成10年10月27日

【あて先】 特許庁長官 伊佐山 建志 殿

【国際特許分類】 G09C 5/00

【発明の名称】 電子透かしの埋め込み方法、その方法を記憶した記憶媒体、および埋め込まれた電子透かしの証明方法ならびに電子透かしの埋め込み装置

【請求項の数】 16

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横須賀市走水 1-10-20

 【氏名】 福岡 義秀

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横須賀市大津町 5-57

 【氏名】 松井 甲子雄

【特許出願人】

 【識別番号】 000163006

 【氏名又は名称】 興和株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100097146

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 下出 隆史

 【電話番号】 052-218-5061

【代理人】

 【識別番号】 100096817

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 五十嵐 孝雄

【代理人】

 【識別番号】 100102750

【弁理士】

【氏名又は名称】 市川 浩

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成10年特許願第276490号

【出願日】 平成10年 9月10日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007858

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子透かしの埋め込み方法、その方法を記憶した記憶媒体、および埋め込まれた電子透かしの証明方法ならびに電子透かしの埋め込み装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 透かし情報を原データに埋め込む方法であって、

- (a) 原データを離散フーリエ変換する工程と、
 - (b) 該フーリエ変換により得られた実数部または虚数部に、透かし情報として予め定めた位相差パターンに対応した微小変化分を付加する工程と、
 - (c) 該微小変化分を付加したデータをフーリエ逆変換することにより透かし情報を埋め込んだデータを生成する工程と
- を備える電子透かしの埋め込み方法。

【請求項 2】 前記工程 (b) は、実数部あるいは虚数部の特定周波数 (m , n) のスペクトル $F(m, n)$ に微小な変化分 ΔF を付加する工程である請求項 1 記載の電子透かしの埋め込み方法。

【請求項 3】 前記工程 (b) は、前記実数部または虚数部の対称性を保存して前記微小な変化分 ΔF の付加を行なう工程である請求項 2 記載の電子透かしの埋め込み方法。

【請求項 4】 前記付加する微小変化分は、付加されるスペクトルの 2 ないし 10 パーセントの大きさである請求項 3 記載の電子透かしの埋め込み方法。

【請求項 5】 前記工程 (b) により微小変化分を付加する実数部または虚数部は、低周波領域内の成分である請求項 1 記載の電子透かしの埋め込み方法。

【請求項 6】 請求項 1 記載の電子透かしの埋め込み方法であって、
前記工程 (a) の離散フーリエ変換に先立って、原データを、主として低周波成分に対応した領域が特定可能なデータに変換する工程 (a0) と、前記工程 (c) のフーリエ逆変換の後に前記工程 (a0) で行なったデータ変換の逆変換を施す工程 (ax) とを付加すると共に、

前記工程 (a) では、前記工程 (a0) により変換されたデータのうち前記主として低周波成分に対応した領域のデータに対して、前記離散フーリエ変換を行なう電子透かしの埋め込み方法。

【請求項 7】 前記データ圧縮およびデータ圧縮の逆変換は、ウェーブレット変換およびウェーブレット逆変換である請求項 6 記載の電子透かしの埋め込み方法。

【請求項 8】 前記原データは、二次元的な画像データである請求項 1 記載の電子透かしの埋め込み方法。

【請求項 9】 原データに、請求項 1 の手法により、透かし情報が埋め込まれた署名済みデータが存在する場合に、該埋め込まれた透かし情報を検出する方法であって、

前記原データと前記署名済みデータとの差分を位相差パターンとして取り出し

該位相差パターンを前記署名済みのデータの電子透かしとして検出する
電子透かしの検出方法。

【請求項 10】 原データに、請求項 6 の手法により、透かし情報が埋め込まれた署名済みデータが存在する場合に、該埋め込まれた透かし情報を検出する方法であって、

前記原データを前記工程 a 0 により変換し、

前記署名済みデータを前記工程 a 0 により変換し、

両変換されたデータの差分を位相差パターンとして取り出し、

該位相差パターンを前記署名済みデータの電子透かしとして検出する
電子透かしの検出方法。

【請求項 11】 原データ P 0 に位相差パターン W 1 の透かし情報を正規に埋め込んだ正規データ P 1 に対して請求項 1 記載の方法により、複数回他の位相差パターン W i (i = 2, 3 . . .) を透かし情報として埋め込んだデータ P i が存在する場合に、原データ P 0 に埋め込まれた透かし情報である位相差パターン W 1 を証明する方法であって、

(d) 原データ P 0 と複数回他の位相差パターンが埋め込まれたデータ P i との差分を取り出す工程と、

(e) 正規データ P 1 と複数回他の位相差パターンが埋め込まれたデータ P i との差分を取り出す工程と、

(f) 前記正規の位相差パターンW1を、前記(d)および(e)の工程により取り出された差分の差分として抽出する工程と

を備えた証明方法。

【請求項12】 原データP0を、主として低周波成分からなる領域を特定可能なデータに変換した後、該領域に位相差パターンW1の透かし情報を正規に埋め込んだ正規データQ1に対して請求項1または6記載の方法により、複数回他の位相差パターンWi ($i = 2, 3 \dots$) を透かし情報として埋め込んだデータQiが存在する場合に、原データQ0に埋め込まれた透かし情報である位相差パターンW1を証明する方法であって、

(g) 原データQ0と複数回他の位相差パターンが埋め込まれたデータQiとの差分を取り出す工程と、

(h) 正規データQ1と複数回他の位相差パターンが埋め込まれたデータQiとの差分を取り出す工程と、

(i) 前記正規の位相差パターンW1を、前記(g)および(h)の工程により取り出された差分の差分として抽出する工程と

を備えた証明方法。

【請求項13】 透かし情報を原データに埋め込む装置であって、

原データを離散フーリエ変換する変換手段と、

該フーリエ変換により得られた実数部または虚数部に、透かし情報として予め定めた位相差パターンに対応した微小変化分を付加する位相差パターン付加手段と、

該微小変化分を付加したデータを逆変換することにより透かし情報を埋め込んだデータを生成するフーリエ逆変換手段と

を備える電子透かしの埋め込み装置。

【請求項14】 透かし情報を原データに埋め込む装置であって、

原データを、主として低周波成分に対応した領域を特定可能なデータに変換するデータ変換手段と、

該変換されたデータのうち、前記領域に対応するデータを離散フーリエ変換する変換手段と、

該フーリエ変換により得られた実数部または虚数部に、透かし情報として予め
 定めた位相差パターンに対応した微小変化分を付加する位相差パターン付加手段
 と、

該微小変化分を付加したデータをフーリエ逆変換するフーリエ逆変換手段と、

該フーリエ逆変換されたデータを他の領域のデータと共に、前記変換の逆変換
 することにより透かし情報を埋め込んだデータを生成する逆変換手段と

を備える電子透かしの埋め込み装置。

【請求項 15】 透かし情報を原データに埋め込むプログラムをコンピュー
 タにより読み取り可能に記憶した記憶媒体であって、

原データを入力する機能と、

該入力した原データを離散フーリエ変換する機能と、

該フーリエ変換により得られた実数部または虚数部に、透かし情報として予め
 定めた位相差パターンに対応した微小変化分を付加する機能と、

該微小変化分を付加したデータを逆変換したデータを出力する機能と

をコンピュータにより実現可能に記憶した記憶媒体。

【請求項 16】 透かし情報を原データに埋め込むプログラムをコンピュー
 タにより読み取り可能に記憶した記憶媒体であって、

原データを入力する機能と、

原データを、主として低周波成分に対応した領域を特定可能なデータに変換す
 る機能と、

該変換されたデータのうち、前記領域に対応するデータを離散フーリエ変換す
 る機能と、

該フーリエ変換により得られた実数部または虚数部に、透かし情報として予め
 定めた位相差パターンに対応した微小変化分を付加する機能と、

該微小変化分を付加したデータをフーリエ逆変換する機能と、

該フーリエ逆変換されたデータを他の領域のデータと共に、前記変換の逆変換
 することにより透かし情報を埋め込んだデータを生成する機能と

をコンピュータにより実現可能に記憶した記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、電子透かし技術に関し、特に、画像などのデータに透かし情報を埋め込む技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来から、デジタル化された画像や音楽などの著作物に、著作権情報を埋め込む電子透かしの技術が種々提案されている。デジタル化されたデータは容易に完全な形式で複製できる（すなわち、忠実な再現性を有している）という特徴があるため、無許可の複製に対する保護対策が必要とされるからである。電子透かしは、人間が知覚できない形式で、著作権情報などの透かし情報を、データの中に電子的に埋め込まれ、必要に応じてこれを取り出すことで、著作権の存在を第三者に対して明確にしようとする技術である。電子透かしには、通常、著作者を特定できる情報が含まれるので、電子透かしが埋め込まれたデータを署名済みのデータと呼ぶことがある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来の電子透かし技術では、類似の方式で別の情報を上書きすると、もとの透かし情報を正しく取り出すことができなくなるという問題があった。署名済みのデータに対して、埋め込まれた電子透かしを無効にしようとする改竄を、電子透かしに対する上書き攻撃と呼ぶことがある。署名済みのデータが、上書き攻撃を受け、埋め込まれた正規の電子透かしが読みとれなくなると、電子透かしとしての意義は失われてしまう。更に、上書き攻撃を行なったものの透かしのみが残ることになれば、署名の意義自体がなくなってしまう。

【0004】

また、電子データの配信や保管に際し、その電子データを圧縮することが一般的に行なわれている。しかし、従来の電子透かし技術では、このデータ圧縮処理によって電子透かしのデータが変質もしくは消失することがあり、実用性に乏しいという問題があった。

【0005】

この発明は、従来技術における上述の課題を解決するためになされたものであり、公開した電子データに対して上書き攻撃やデータ圧縮処理を受けても正規の電子透かしの保存性が高く、かつ第三者に対して、電子透かしの秘匿性を高めた埋め込み方法およびこれに関する技術を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】

上述の課題の少なくとも一部を解決するため、本発明の透かし情報を原データに埋め込む方法では、

- (a) 原データを離散フーリエ変換する工程と、
 - (b) 該フーリエ変換により得られた実数部または虚数部に、透かし情報として予め定めた位相差パターンに対応した微小変化分を付加する工程と、
 - (c) 該微小変化分を付加したデータを逆変換することにより透かし情報を埋め込んだデータを生成する工程と
- を備えることを要旨とする。

【0007】

また、この方法に対応し、透かし情報を原データに埋め込む装置は、
原データを離散フーリエ変換する変換手段と、
該フーリエ変換により得られた実数部または虚数部に、透かし情報として予め定めた位相差パターンに対応した微小変化分を付加する位相差パターン付加手段と、

該微小変化分を付加したデータを逆変換することにより透かし情報を埋め込んだデータを生成するフーリエ逆変換手段と
を備えることを要旨とする。

【0008】

この技術は、原データを周波数領域に離散的にフーリエ変換したとき、スペクトルの実数部または虚数部の一部を増減すると、位相に変化を招く性質があることを利用している。したがって、原データの離散フーリエ変換により得られた実数部または虚数部に、位相差パターンに対応する微小変化を付加し、これを逆変

換することにより埋め込まれた透かし情報は、原画像データと比較することにより、この位相差パターンを取り出すことができ、埋め込まれた透かしを位相差パターンとして直感的に把握することができる。しかも、電子透かしが埋め込まれていない原データが特定されない限りは、位相差パターンは、例え上書き攻撃を受けたとしては、取り出すことが可能である。

【0009】

こうした位相差パターンの書込は、離散フーリエ変換により得られる実数部あるいは虚数部の特定周波数 (m, n) のスペクトル $F(m, n)$ に微小な変化分 ΔF を付加することにより、容易に実現することができる。

【0010】

実数部または虚数部に微小な変化分を付加する場合、これら実数部または虚数部の対称性を保存して、微小な変化分 ΔF の付加を行なうことが好ましい。離散フーリエ変換では、実数部は偶対称性、虚数部は奇対称性を持つから、これらの点を考慮して微小な変化分を加えることにより、原データが本来持っていた性質を保存することができる。

【0011】

電子透かしとして付加する微小変化分は、原データに影響を与えることは免れないから、付加されるスペクトルの2ないし10パーセントの大きさに留めることが、原データの品質を低下させないという点で有用である。

【0012】

また、微小変化分を実数部または虚数部に付加する際には、その低周波領域内の成分に対して操作を行なうことが望ましい。高周波成分に付加すると、J P E Gなどのデータ圧縮により、透かし情報が失われることが考えられるからである。低周波領域に付加しおけば、データ圧縮により、電子透かしとしての位相差パターンが失われることはない。なお、圧縮時にデータを保存しデータの伸張により元の情報を完全に回復可能ないわゆる可逆的な圧縮方法だけを考慮するのであれば、高周波領域に、上記の位相パターンを付加することも何ら差し支えない。

【0013】

上記の手法で電子透かしを埋め込んだデータ、即ち署名済みデータが存在する

場合に、この署名済みデータから、透かし情報を検出する方法の発明は、

前記原データと前記署名済みデータとの差分を位相差パターンとして取り出し

、
該位相差パターンを前記署名済みのデータの電子透かしとして検出すること
を要旨とする。

【0014】

かかる電子透かしの検出方法は、極めて簡便な手法であるが、原データを非公開にしておけば、電子透かしを検出し得るのは、原データの正当な所有者に限られ、有効である。原データなしで、埋め込まれた微小変化分を推定することは極めて困難である。

【0015】

圧縮などにより電子透かしが失われないよう微小変化分を付加する方法として、原データの離散フーリエ変換に先立って予め原データから、主として低周波成分に対応したデータを得る画像変換を施し、その結果に対して離散フーリエ変換を行ない、該変換により得られた実数部または虚数部に透かし情報として予め定めた位相差パターンに対応した微小変化分を付加しても良い。この場合、微小変化分を付加した後、フーリエ逆変換を行ない、更に上記のデータ変換の逆変換を施せばよい。このデータ圧縮と離散フーリエ変換との組み合わせによれば、電子透かしが低周波領域に確実に埋め込まれるため、上書き攻撃に強い離散フーリエ変換による位相透かしの埋め込み方法の効果を維持しつつ、高圧縮処理に対してもその透かしデータが変質もしくは消失しない相乗的效果が発揮される。このデータ変換およびデータ逆変換としては、例えばウェーブレット変換およびウェーブレット逆変換を用いることが、透かし情報の埋め込みと復元の手続きが簡便となり好適である。なお、ウェーブレット変換には、様々な手法が知られており、いずれの変換手法も採用可能であるが、代表的なものを挙げれば、ハール基底を用いる直交ウェーブレット変換等がある。ウェーブレット変換以外の他のデータ変換およびデータ逆変換であっても、主として低周波成分に対応したデータを得ることができる変換アルゴリズムであれば、採用可能である。

【0016】

上記の手法で透かし情報が埋め込まれた署名済みデータが存在する場合に、この透かし情報を検出する方法の発明は、

前記原データを前記工程 a 0 により変換し、

前記署名済みデータを前記工程 a 0 により変換し、

両変換されたデータの差分を位相差パターンとして取り出し、

該位相差パターンを前記署名済みデータの電子透かしとして検出することを要旨としている。

【0017】

かかる電子透かしの検出方法は、極めて簡便な手法であるが、原データを非公開にしておけば、電子透かしを検出し得るのは、原データの正当な所有者に限られ、有効である。原データなしで、埋め込まれた微小変化分を推定することは極めて困難である。更に、主として低周波成分からなる領域が存在する変換方法自体を秘匿しておけば、二重に安全である。

【0018】

こうした電子透かしの埋め込みの技術は、様々なデータに対して適用可能である。例えば、原データを二次元的な画像データとすることができる。この場合、上記の手法により埋め込まれた位相差パターンは、画像上視認することはできず、画質の低下を招くことはほとんどない。その他、音声などの一次元データにも適用可能である。

【0019】

なお、上記の埋め込み方法や埋め込み装置は、汎用もしくは専用のコンピュータに、ICカードやフレキシブルディスクあるいはCD-ROMなどの記憶媒体を読み取られ、この記憶媒体に記憶されたプログラムを実行するという形態で実現することができる。

【0020】

したがって、本発明の記憶媒体は、

透かし情報を原データに埋め込むプログラムをコンピュータにより読み取り可能に記憶した記憶媒体であって、

原データを入力する機能と、

該入力した原データを離散フーリエ変換する機能と、

該フーリエ変換により得られた実数部または虚数部に、透かし情報として予め
定めた位相差パターンに対応した微小変化分を付加する機能と、

該微小変化分を付加したデータを逆変換したデータを出力する機能と
をコンピュータにより実現可能に記憶したことを要旨とする。

【0021】

また、高圧縮処理と離散フーリエ変換との組み合わせによる電子透かしの埋め
込み方法をコンピュータなどに実現させる記憶媒体は、

透かし情報を原データに埋め込むプログラムをコンピュータにより読み取り可
能に記憶した記憶媒体であって、

原データを入力する機能と、

該入力した原データを、主として低周波成分に対応した領域を特定可能なデー
タに変換する機能と、

該変換されたデータのうち、前記領域に対応するデータを離散フーリエ変換す
る機能と、

該フーリエ変換により得られた実数部または虚数部に、透かし情報として予め
定めた位相差パターンに対応した微小変化分を付加する機能と、

該微小変化分を付加したデータをフーリエ逆変換する機能と、

該フーリエ逆変換されたデータを他の領域のデータと共に、前記変換の逆変換
することにより透かし情報を埋め込んだデータを生成する機能と

をコンピュータにより実現可能に記憶したことを要旨とする。

【0022】

なお、離散フーリエ変換やデータ圧縮自体は、コンピュータ側がライブラリの
形で保有していると考えられるから、上記の各機能のうち、原データを離散フー
リエ変換する機能は「入力した原データを、離散フーリエ変換する機能を利用し
て変換結果としての実数部および虚数部を受け取る機能」として、データ変換機
能は「入力した原データを、主として低周波成分に対応した領域を特定可能なデー
タに変換する機能を利用してその変換結果を受け取る機能」として、実現する
ことも可能である。

【0023】

ところで、電子透かしが埋め込まれた原データに対する上書き攻撃がなされる場合、異なる手法による電子透かしの上書きは、これを弁別することが容易である。最も問題になるのは、同じ手法による上書き攻撃である。かかる場合、即ち原データ P_0 に位相差パターン W_1 の透かし情報を正規に埋め込んだ正規データ P_1 に対して請求項 1 記載の方法により、複数回他の位相差パターン W_i ($i = 2, 3 \dots$) を透かし情報として埋め込んだデータ P_i が存在する場合に、原データ P_0 に埋め込まれた透かし情報である位相差パターン W_1 を証明する方法が存在すれば、上書き攻撃に対する耐性が高いと言える。そこで、上記の発明に関連して、電子透かし情報である位相差パターン W_1 を証明する以下の発明がなされた。即ち、この証明方法の発明は、

(d) 原データ P_0 と複数回他の位相差パターンが埋め込まれたデータ P_i との差分を取り出す工程と、

(e) 正規データ P_1 と複数回他の位相差パターンが埋め込まれたデータ P_i との差分を取り出す工程と、

(f) 前記正規の位相差パターン W_1 を、前記 (d) および (e) の工程により取り出された差分の差分として抽出する工程と

を備えたことを要旨とする。

【0024】

また、原データ P_0 を、主として低周波成分からなる領域を特定可能なデータに変換した後、該領域に位相差パターン W_1 の透かし情報を正規に埋め込んだ正規データ Q_1 に対して、同様の手法により、複数回他の位相差パターン W_i ($i = 2, 3 \dots$) を透かし情報として埋め込んだデータ Q_i が存在する場合に、原データ Q_0 に埋め込まれた透かし情報である位相差パターン W_1 を証明する方法の発明は、つぎの工程からなる。即ち、

(g) 原データ Q_0 と複数回他の位相差パターンが埋め込まれたデータ Q_i との差分を取り出す工程と、

(h) 正規データ Q_1 と複数回他の位相差パターンが埋め込まれたデータ Q_i との差分を取り出す工程と、

(i) 前記正規の位相差パターンW1を、前記(g)および(h)の工程により取り出された差分の差分として抽出する工程と

を備えたことを要旨とする。

【0025】

これらの手法によれば、複数回の上書き攻撃がなされた場合でも、原データに正規に埋め込まれた位相差パターンを抽出することができ、いずれのデータが正規のデータであるかを容易に証明することができる。

【0026】

【発明の他の態様】

この発明は、以下のような他の態様も含んでいる。第1の態様は、フーリエ変換に変えて、これに等価な変換を用いる態様である。周波数領域への変換により実数部と虚数部を持つような変換であれば、同様に適用することができる。第2の態様は、コンピュータに上記の発明の各工程または各部の機能を実現させるコンピュータプログラムを通信経路を介して供給するプログラム供給装置としての態様である。こうした態様では、プログラムをネットワーク上のサーバなどに置き、通信経路を介して、必要なプログラムをコンピュータにダウンロードし、これを実行することで、上記の方法や装置を実現することができる。

【0027】

【発明の実施の形態】

A. 装置の全体構成：

以下、本発明の実施の形態を実施例に基づいて説明する。図1は、本発明の一実施例としての電子透かし処理装置の構成を示すブロック図である。この電子透かし処理装置は、CPU22と、ROMおよびRAMを含むメインメモリ24と、フレームメモリ26と、キーボード30と、マウス32と、表示装置34と、ハードディスク36と、モデム38と、画像を読み取るスキャナ39と、これらの各要素を接続するバス40と、を備えるコンピュータである。なお、図1では各種のインターフェイス回路は省略されている。モデム38は、図示しない通信回線を介してコンピュータネットワークに接続されている。コンピュータネットワークの図示しないサーバは、通信回線を介してコンピュータプログラムを画像

処理装置に供給するプログラム供給装置としての機能を有する。

【0028】

メインメモリ24には、電子透かし埋め込み部42の機能を実現するためのコンピュータプログラムが格納されている。電子透かし埋め込み部42の機能については後述する。

【0029】

この電子透かし埋め込み部42の機能を実現するコンピュータプログラムは、フレキシブルディスクやCD-ROM等の、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録された形態で提供される。コンピュータは、その記録媒体からコンピュータプログラムを読み取って内部記憶装置または外部記憶装置に転送する。あるいは、通信経路を介してコンピュータにコンピュータプログラムを供給するようにしてもよい。コンピュータプログラムの機能を実現する時には、内部記憶装置に格納されたコンピュータプログラムがコンピュータのマイクロプロセッサによって実行される。また、記録媒体に記録されたコンピュータプログラムをコンピュータが読み取って直接実行するようにしてもよい。

【0030】

この明細書において、コンピュータとは、ハードウェア装置とオペレーションシステムとを含む概念であり、オペレーションシステムの制御の下で動作するハードウェア装置を意味している。また、オペレーションシステムが不要でアプリケーションプログラム単独でハードウェア装置を動作させるような場合には、そのハードウェア装置自体がコンピュータに相当する。ハードウェア装置は、CPU等のマイクロプロセッサと、記録媒体に記録されたコンピュータプログラムを読み取るための手段とを少なくとも備えている。コンピュータプログラムは、このようなコンピュータに、上述の各手段の機能を実現させるプログラムコードを含んでいる。なお、上述の機能の一部は、アプリケーションプログラムでなく、オペレーションシステムによって実現されていても良い。

【0031】

なお、この発明における「記録媒体」としては、フレキシブルディスクやCD-ROM、光磁気ディスク、ICカード、ROMカートリッジ、パンチカード、

バーコードなどの符号が印刷された印刷物、コンピュータの内部記憶装置（RAMやROMなどのメモリ）および外部記憶装置等の、コンピュータが読取り可能な種々の媒体を利用することができる。

【0032】

実施例 1

B. 透かし情報の埋め込み処理 1 :

図 2 は、離散フーリエ変換の実数部または虚数部の位相を制御することで透かし情報を埋め込む電子透かし埋め込み部 42 の機能を示すブロック図である。電子透かし埋め込み部 42 は、離散フーリエ変換部 50 と、微小変化分付加部 52 と、フーリエ逆変換部 54 とからなる。これらは、各々、変換手段、位相差パターン付加手段、フーリエ逆変換手段に相当する。

【0033】

各部の機能を簡単に説明する。フーリエ変換部 50 は、スキャナ 39 により読み取った画像データに対して離散フーリエ変換を行なう。横方向 M 画素、縦方向 N 画素からなる画像 P の離散フーリエ変換 F は、画像 P の画素値を $p(m, n)$ で表わすと、次式 (1) により表わすことができる。なお、 $m=0, 1, \dots, M-1$ 、 $n=0, 1, \dots, N-1$ である。

【0034】

【数 1】

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} p(m, n) W \dots (1)$$

$$W = \exp[-j 2\pi (mu/M + nv/N)]$$

ここで、 $j = \sqrt{-1}$

【0035】

上記離散フーリエ変換により得られた行列（フーリエスペクトル）F は、画像 P の空間周波数成分を表わしている。ここで、オイラーの公式から

$$\exp(-j\theta) = \cos\theta \pm j \sin\theta$$

であることから、上記行列 F の実数部 $FR(u, v)$ は偶対称性を有し、虚数部

$F I(u, v)$ は奇対称性を有する。そこで、 $u = 0, 1, 2 \cdots M-1$ 、 $v = 0, 1, 2 \cdots N-1$ であることを利用して、 $F(\pm u, \pm v)$ について検討すると、次式(2)の関係が存在することになる。

【0036】

【数2】

$$\begin{aligned} F(u, -v) &= F(u, N-v) \\ F(-u, v) &= F(M-u, v) \\ F(-u, -v) &= F(M-u, N-v) \end{aligned} \quad \cdots (2)$$

【0037】

上記行列の周期性に着目して、更に拡張すれば、

$$F(aM+u, bN+v) = F(u, v)$$

が成立していることは容易に理解されよう。なお、 a, b は、いずれも整数である。

【0038】

微小変化分付加部52は、離散フーリエ変換部50により得られた上記行列 F に、位相差パターンを電子透かしとして埋め込む。位相差パターンの埋め込みの実際については、後述するが、上記のフーリエ変換により得られた行列の対称性を保存するように、行列の所定のスペクトルに微小な偏差を加えている。

【0039】

フーリエ逆変換部54は、電子透かしとしての位相差パターンが埋め込まれたデータに対して、フーリエ変換部50が行なった離散フーリエ変換の逆変換を行なう。この逆変換は、式(1)に対応した記載に従えば、次式(3)として表わすことができる。

【0040】

【数 3】

$$p(m, n) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) W^{-1} \quad \dots \quad (3)$$

【0041】

ここで、逆変換された画素値 $p(m, n)$ も、上述した対称性を有しており、

$$p(aM+m, bN+n) = p(m, n)$$

となっている。

【0042】

次に、図3のフローチャートを参照しつつ、微小変化分付加部52での処理を中心に、本実施例における電子透かしの埋め込み手法について説明する。図3は、CPU22が実行する電子透かし埋め込み処理ルーチンを示すフローチャートである。画像に電子透かしの埋め込む場合には、まず、画像P0の読み込みを行なう（ステップS100）。この処理は、既述したように、スキャナ39を駆動して写真などから直接画像データを読み取るものであってもよいし、予め用意した画像ファイルを読み込むものであっても良い。画像ファイルは、例えばCD-ROMなどにより提供されるものでもよいし、モデム38を介して通信により読み込むものであっても良い。図4（A）に、読み込んだ画像P0の一例を示す。この画像P0は、256×256画素からなり、各画素毎に256階調（8ビット）の階調値を持っている画像である。

【0043】

こうして読み込んだ画像データに対して、離散フーリエ変換を行なう（ステップS110）。この離散フーリエ変換は、上述した通りのものであって、離散フーリエ変換部50による上記の演算処理として実現される。なお、離散フーリエ変換部50は、専用のプロセッサにより実現しても良いし、CPU22による演算により実現しても良い。離散フーリエ変換（DFT）を行なう処理はライブラリ化されており、周知のものなので、ここでは説明を省略する。

【0044】

離散フーリエ変換により、行列 $F(u, v)$ が得られる。得られた行列 F の一

部を図5に示した。図5では、便宜的に、要素 $u, v = 0, 1, 2, 3$ および $u, v = 253, 254, 255$ の部分のみを示している。図5(A)は実数部 F_R の係数を、(B)は虚数部 F_I の係数を、各々示している。なお、上述した対称性から関連ある箇所を把握し易くするため、図5(A)(B)では、要素0, 0を中心にして示している。この行列 F に対して、次に微小変化分の付加を行なう(ステップS120)。その後、微小変化分が付加された行列 F を、逆変換し(ステップS130)、これを電子透かしが埋め込まれた画像データとして出力する(ステップS140)。電子透かしが埋め込まれた後の画像 P_1 を、図4(B)に示した。

【0045】

微小変化分を付加する処理(ステップS120)は、図6にその詳細を示すが、次のように行なわれる。微小変化分 ΔF の付加は、実数部 F_R または虚数部 F_I に対して行なうことができる。以下の説明では、虚数部 F_I に付加する場合を取り上げるが、実数部 F_R に付加することも、対称性の違いに留意すれば、同様に可能である。まず、微小変化分 ΔF を付加する要素を特定する処理を行なう(ステップS122)。微小変化分 ΔF の付加は、高周波領域に付加するか、あるいは付加する変化分の大きさが小さければ、逆変換により得られる画像上でこれを視認することは困難になる。しかし、高周波領域に付加した場合、データ圧縮により、失われる可能性が生じる。そこで、ここでは、圧縮に対する耐性を高めるために、加える成分の大きさを所定値以下に押さえるものとして、低周波領域に微小変化分 ΔF を加えることにしている。そこで、本実施例では、微小変化分 ΔF を加える領域を低周波領域内で特定している。この実施例では、 $F_I(0, 2)$ および $F_I(2, 0)$ に、微小変化分 ΔF を加えるものとして、要素を特定している。なお、上述した行列 F の対称性を示す式(2)に従い、微小変化分 ΔF を減算する要素として、 $F_I(0, 254)$ および $F_I(254, 0)$ もまた特定する。後述するように、どの要素にどの程度の微小変化分 ΔF を加えるかにより、電子透かしとしての位相差パターンの形態は異なるから、どの要素に微小変化分を加えるかということ自体が電子透かしを埋め込むこと(署名)に直結している。したがって、この実施例では、微小変化分 ΔF を付加する要素を固定し

たり、微小変化分 ΔF の大きさを固定するといった構成とはしていないのである。

【0046】

次に、加える微小変化分 ΔF の大きさを特定する処理を行なう（ステップS124）。上述したように、微小変化分 ΔF の大きさは、電子透かしが埋め込まれた画像の画質に影響を与えるので、その大きさは制限される。したがって、付加しようとする要素の大きさの2ないし10パーセント程度となるように、この実施例では調整している。ここで、約5パーセントとなるよう特定している。

【0047】

次に、ステップS122で特定した要素に、ステップS124で特定した大きさの微小変化分 ΔF を付加する処理を行なう（ステップS126）。この実施例では、要素FI(0, 2)、FI(2, 0)に、微小変化分 ΔF として、

$$\Delta F = 1.0 \times 10^4$$

を加算し、要素FI(0, 254)およびFI(254, 0)から同じ値 ΔF を減算した。

【0048】

以上で微小変化分付加処理を完了し、図3に示したフーリエ逆変換処理を実行することになる。こうして得られた変換済みの画像P1（図4（B）参照）は、次の数式（4）により表わされる。

【0049】

【数4】

$$P1 = \{p1(m, n) \mid m, n = 1, 2, \dots, 255\} \quad \dots (4)$$

【0050】

上記の処理が施された画像P1は、その空間周波数における虚数成分のみを変化させているので、位相のみが変化していることになる。即ち、得られた画像P1は、もとの画像P0に対して、付加した微小変化分 ΔF に対応する位相成分 $\Delta \theta$ だけ変化した画像となっている。そこで、二つの画像の画素値pの差分を求め

ると、これが位相差 $W01$ となる。位相差 $W01$ は、次式 (5) として定義される。

【0051】

【数5】

$$W01 = \{w01(m, n) \mid m, n = 1, 2, \dots, 255\}$$

$$\text{但し } w01(m, n) = p0(m, m) - p1(m, n)$$

... (5)

【0052】

この式 (5) における位相差 $W01$ の絶対値 $|W01|$ を求め、これを図示すると、本実施例では、図4 (C) に示すパターンが得られる。このパターンを、位相差パターンと呼ぶ。この位相差パターン $W01$ は、微小変化分を加える要素の座標値 (u, v) や、付加する変化分 ΔF の大きさにより、様々な模様を採り得る。したがって、この位相差パターン $|W01|$ は、電子透かしとして扱うことが可能である。即ち、

(1) 微小変化分 ΔF を付加する要素の選択

(2) 要素に付加される微小変化分 ΔF の大きさ

の組み合わせを変えることにより、ほぼ無数の位相差パターンのバリエーションを生み出すことができ、電子署名として使用することができるのである。なお、署名として用いられた位相差パターンは、図4 (C) に示したように、二次元的な繰り返しを含む特徴的な形状をしており、図形的なパターンとして人間にとって把握しやすいという利点を有する。また、この電子透かしを埋め込む画像の原画像 $P0$ は、公開せず秘匿しておく。

【0053】

以上本発明の一実施例としての電子透かしの埋め込み装置および埋め込み方法について説明したが、埋め込まれたデータが電子透かしとして機能するためには、いくつかの条件が必要となる。この条件の一つがデータ圧縮などにより発生するノイズに対する耐性であることは既に述べた。本実施例の埋め込み方法によれば、微小変化分 ΔF は低周波領域に付加されているので、高周波領域の情報を削

除するタイプの圧縮に対して高い耐性を発揮することも説明したが、これらの耐ノイズ性という点について、いくつかの実例を挙げて説明する。

【0054】

まず、データ圧縮の場合について検討する。原画像P0に対して上述した手法により電子透かしを埋め込んだ。即ち、原画像P0のフーリエスペクトルに対して位相差パターンW01に対応した微小変化分 ΔF を付加し、これを逆変換して画像P1を得た。次に、この画像P1をJPEG方式で75パーセントに圧縮した。圧縮により、元の画像の情報の一部が失われ、ノイズが発生する。図7にこの一例を示す。図7に示した例では、画像P1に埋め込まれている位相差パターン|W01|（図7（A）参照）に対して、圧縮後の画像P1'から抽出された位相差パターン|W01'|は、図7（B）のようになり、かなりのノイズが重畳されることが理解される。しかし、この場合でも、位相差パターンの形態自体は崩れておらず、これを署名として利用することができる。

【0055】

次に、下位ビットプレーンの削除に対して、本実施例の電子透かしがどの程度の耐性を持っているかを示す。図8（A）は、原画像P0に埋め込まれる位相差パターンをしめす。署名された画像P1において、その下位ビットプレーン0から2までのデータを削除し、代わりに0で埋める処理を行なった。この結果得られた画像P1'を、図8（B）に示した。下位ビットプレーン0ないし2を、0で埋めたことによりノイズが生じるが、この画像P1'と原画像P0との差分として抽出される位相差パターン|W01'|は、図8（C）に示すように、埋め込んだ位相差パターンの特徴を残しており、電子透かしとして機能する。

【0056】

更に、位相差パターンを電子透かしとして埋め込んだ画像に、-40dBから+40dBのホワイトノイズを加えた場合についても検討した。図9（A）に示す位相差パターン|W01|を埋め込んだ後、上記のホワイトノイズが付加された画像を図9（B）に示した。この画像P1'と原画像P0との差分として抽出される位相差パターン|W01'|は、図9（C）に示すように、埋め込んだ位相差パターンの特徴を良く残している。したがって、こうしたホワイトノイズが重畳

した場合でも、本実施例による電子透かしは十分に機能することが了解される。

【0057】

以上、本実施例の電子透かしが、種々のノイズに対して耐性が高いことを示したが、電子透かしに要求されるもう一つの条件は、正規の権限を有するものだけが透かしを取り出すことができ、また不正な手法でこの透かし情報を消去したり改竄したりできないことである。この点について以下説明する。

【0058】

本実施例では電子透かしを埋め込んだ画像P1は、公開するが、原画像P0は、公開しない。とすると、電子透かしが埋め込まれた画像P1から、権限なき者が透かし情報を読み取ることができないことがまず必要とされる。電子透かしが埋め込まれた画像P1は、原画像P0とそのフーリエスペクトルに加えた微小変化分 ΔF のみから作り出されている。したがって、原画像P0が秘匿されていれば、署名済みの画像P1から、第三者が署名に相当する位相差パターン|W01|を取り出すことはできない。

【0059】

しかも、署名済みの画像P1をフーリエ変換してフーリエスペクトルを得たとしても、微小変化分 ΔF の大きさおよびこれが付加された要素 $F(u, v)$ を特定することもできない。位相差パターン|W01|を分離するために必要な微小変化分 ΔF の大きさは要素の値に対して数パーセントで足りるから、フーリエスペクトルを見ても際だって目立つことはない。したがって、本実施例のように、5パーセント程度変化させられている要素の値から、いずれかの要素に加えた微小変化分を推定することはできない。

【0060】

次に、この電子透かしに対して上書きがなされた場合について検討する。電子透かしに対する上書きには、様々な手法が考えられるが、最も影響が大きいものの一つは、同じアルゴリズムを用いた上書きである。上述した署名済みの画像P1から、微小変化分 ΔF の大きさやこれが付加された要素 $F(u, v)$ を判読または推定することはできないから、全く同じ条件で微小変化分が付加されることはあり得ないと考える。しかし、この位相差パターンの考え方を理解している者

が、同じアルゴリズムを用いた上書き攻撃を試みる可能性は存在する。そこで署名済みの画像 P_1 に対して1回以上の上書き攻撃がなされた場合を考える。このとき、 i 番目の攻撃を行なった者（以下、 i 番目の偽造者と呼ぶ）は、入手した画像 P_{i-1} を原画像であると考えてこれに位相差パターンを埋め込み、得られた画像 P_i を公開して署名済みの画像であると主張する。この場合 i 番目の偽造者は、両画像の差

$$W_{i-1,i} = P_{i-1} - P_i \quad (i = 2, 3, \dots)$$

をもって正規の透かしパターンであると主張することになる。

【0061】

このとき、画像 P_0 の正当な所有者（正規の署名者）は、自己が公開した画像 P_1 と、 i 番目の偽造者が公開した画像 P_i とを用いて、容易に、

$$W_{0i} = P_0 - P_i$$

$$W_{1i} = P_1 - P_i$$

を作成することができる。こうして得られた位相差 W_{0i} , W_{1i} の更に差分を求めると、

$$\Delta W = W_{0i} - W_{1i} = P_0 - P_i - (P_1 - P_i) = P_0 - P_1 = W_{01}$$

となり、画像 P_0 の正当な所有者は、偽造されて公開された画像 P_i から、直ちに自己の署名 W_{01} を取り出すことができる。これは、公開した画像 P_1 に、多重に上書き攻撃を加えても、画像 P_i には、依然として、正規の署名が保存されていることを意味している。

【0062】

この関係を $i = 2$ のケースについて例示したのが、図10 (a) ないし (g) である。図10 (a) に示した原画像 P_0 に対して正規の署名として図10 (d) の位相差パターン $|W_{01}|$ を加える処理 S_1 がなされ、この処理により得られた画像 P_1 (図10 (b)) に、偽造者により他の位相差パターンを加える処理 S_2 がなされて、図10 (c) に示す画像 P_2 が公開されたとする。この場合、公開された画像 P_2 と原画像 P_0 とから図10 (e) に示した位相パターン $|W_{02}|$ を得ることができる。同様に、正規の所有者が公開した画像 P_1 と原画像 P_0 とから図10 (f) に示した位相差パターン $|W_{12}|$ を得ることもできる。両

者の差分を求めると、図 10 (g) に示す位相差パターンを得ることができる。これは、正規の所有者が原画像に与えた署名と一致している。この例では、 $i = 2$ としたので、偽造者が加えた位相差パターン W12 自体が求められているが、 $i = 3$ 以上の場合のように、偽造者が加えた位相差パターン自体は未知であって差し支えない。本発明の署名によれば、偽造者が加えた位相差パターンが不明であっても、正規の所有者が埋め込んだ位相差パターンを、複数回の上書き攻撃がなされた画像から取り出すことができるのである。

【0063】

以上説明したように、本実施例の電子透かしの埋め込み方法により埋め込んだ電子透かしは、データ圧縮に対してもまた複数回の上書き攻撃に対しても、十分な耐性を有する。なお、図 7 ないし図 9 を用いて説明したノイズやデータ圧縮と上記の上書き攻撃とが重複した場合でも、原画像 P0 に加えた位相差パターンは保存され、電子透かしとして用いることができる。

【0064】

実施例 2

C. 透かし情報の埋め込み処理 2 :

図 11 は、電子透かし埋め込み部 42 の他の実施例である機能ブロック図である。この実施例における電子透かし埋め込み部 42 は、データ圧縮処理とフーリエ変換の実数部または虚数部の位相を制御する処理とを組み合わせることで、透かし情報を埋め込む。従って、データ圧縮関連の処理を除いては前述の実施例 1 と同様であるため、以下は本実施例に特徴的な部分について説明する。

【0065】

電子透かし埋め込み部 42 は、データ圧縮処理部 60 と、実施例 1 と同じ離散フーリエ変換部 62、微小変化分付加部 64、フーリエ逆変換部 66 と、データ逆圧縮（伸長）処理部 68 とからなる。このデータ圧縮処理部 60 がデータ変換手段に、データ逆圧縮（伸長）処理部 68 が逆変換手段に相当する。

【0066】

本実施例に特有の機能を簡単に説明する。データ圧縮処理部 60 は、スキャナ 39 により読み取った画像データに対してウェーブレット変換 (Wavelet

Transform)を行なう。このウェーブレット変換の詳細は「ウェーブレットビギナーズガイド」(東京電機大学出版局 1995)に詳しい。本実施例では、その中でも最も簡単なハール(Haar)基底を用いる直交ウェーブレット変換について述べる。

【0067】

図12(a)に示す2×2画素の領域に対して次式(6)の変換を定義する。

【0068】

【数6】

$$\begin{bmatrix} \omega_0 \\ \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{bmatrix} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix}$$

…(6)

【0069】

その結果を同図(b)に示す。この演算規則を与えられた画像の全域に対して図13に示す手順で逐次1/2×1/2の領域に適用する方法をハールウェーブレット変換と呼んでいる。この分割はLL_n部分が1×1要素になるまでn回再帰的に繰り返すことが可能である。また、原画像が縦横半分に分割されたとき、第1階層におけるLL₁は直流成分、LH₁は横方向の差分、HL₁は縦方向の差分、HH₁は斜め方向の差分情報をそれぞれ表現している。また、LLは多重解像度近似(MRA成分と呼ぶ)、LH、HH、HLは多重解像度表現(MRR成分と呼ぶ)を表している。すなわち、LL部分が画像の内容を表す低周波成分をもっており、他の部分は画像の高周波成分を示している。

【0070】

一方、一般に行なわれているデータ圧縮技術においては、画像のもつ高周波成分を削除するアルゴリズムが主流である。従って、画像の高周波領域に透かし情報を埋め込むと、この画像を圧縮する際、透かし情報が失われてしまう可能性がある。

【0071】

そこで、実施例1にて説明したフーリエ変換に先立って原画像データをウェーブレット変換し、原画像の輝度情報を豊富に保有している多重解像度近似(MRA)成分にフーリエ変換を施し、位相差パターンによる透かし情報を埋め込むのである。この処理方法によれば、フーリエ変換による位相差パターンの埋め込み単独では弱いデータ圧縮処理への耐性が強化され、ウェーブレット変換単独では防ぐことができない上書き攻撃を容易に識別することができるという優れた相乗効果を発揮する。

【0072】

こうしたデータ圧縮処理部60による処理の後に、実施例1と同じ離散フーリエ変換部62、微小変化分付加部64、フーリエ逆変換部66による処理を行なって位相差データを埋め込み、最後にウェーブレット逆変換を行なうデータ逆圧縮(伸長)処理部68によって電子透かし埋め込み済みの画像データを得るのである。

【0073】

以下、図14のフローチャートを参照しつつ、本実施例における電子透かしの埋め込み手法について説明する。図14は、CPU22が実行する電子透かし埋め込み処理ルーチンを示すフローチャートである。画像に電子透かしを埋め込む場合には、まず、画像P0の読み込みを行ない(ステップS200)、読み込んだ画像データに対して、ウェーブレット変換を行なう(ステップS210)。図15は、前述した実施例同様に図4(A)の画像データP0を原画像とし、第2階層へと分解したときの画像データを示している。破線で囲った領域LL2が、MRA成分を示しているが、上述した式(6)から了解されるように、この領域はダウンサンプリングされた通常のデータと何ら変わるところがなく、主として低周波成分からなる領域である。

【0074】

この領域LL2の画像データに対して離散フーリエ変換を施し(ステップS220)、こうして得られた虚数部FIの座標(0, 2)及び(2, 0)に注目し、透かし信号S1として $\Delta FI(0, 2) = \Delta FI(2, 0) = 1.0 \times 10^2$

を付加する（ステップ S 230）。なお、この時には同時に、その対称性を維持するために $\Delta F I(0, 62)$ および $\Delta F I(62, 2)$ に、 -1.0×10^2 を加える処理を行なう。

【0075】

この結果をフーリエ逆変換し（ステップ S 240）、その後、図 15 に示した全画像に対して、最上位層までウェーブレット逆変換を施し（ステップ S 250）、最終目的である電子透かし情報が埋め込まれた画像を出力する（ステップ S 260）。この一連の処理により得られた変換済みの画像 $Q1 (= \{q1(m, n) \mid m, n = 0, 1, 2, \dots, 255\})$ は、図 16 (a) に示すように、微小変化分 $\Delta F I$ に対応して、位相成分が $\Delta \theta$ だけ変化した画像となる。電子透かし情報を付加したことによる原画像 $P0$ からの画質の劣化は認められない。また、こうして得られた画像 $Q1$ を、高周波成分を削除するいわゆる非可逆的な圧縮方法で圧縮しても、電子透かしは、低周波成分に対応した領域 $LL2$ に加えられていることから、失われることがない。

【0076】

こうして付加された電子透かし、即ち位相差パターンは、2つの画像 $\{P0, Q1\}$ 間の各画素値の差分、すなわち位相差 $W01$ として、第 1 実施例同様、次のようにして得られる。図 15 に示す画像 $LL2$ に何の処理も施さず、そのまま最上階層までウェーブレット逆変換した画像を $Q0 (= \{q0(m, n) \mid m, n = 0, 1, 2, \dots, 255\})$ で表すと、 $Q0 \doteq P0$ であるから、この $Q0$ と変換済みの画像 $Q1$ との位相差 $W01$ の絶対値 $|W01|$ を求めて図示すると、前述の図 16 (b) の位相差パターンが得られる。これを、電子透かしとして扱うことが可能である。

【0077】

本実施例にあっても、位相差パターンを求めるに当たり原画像 $P0$ が必要であるから、この原画像を秘密状態に保管しておけば、第三者は、変換済みの画像 $Q1$ のみから、電子透かしの情報を抽出することはできない。また、 $Q1$ から $\Delta F I(u, v)$ を推定することも前記第 1 実施例同様に困難である。

【0078】

更に、同じアルゴリズムを用いた上書き攻撃についても、同様に十分な耐性を有する。すなわち、 i 番目の攻撃を行なう者は、入手した画像 Q_{i-1} を原画像であると考えてこれをウェーブレット変換し、同じアルゴリズムを使って透かし信号 S_i を加え、ウェーブレット逆変換して Q_i を作成する。そして、この画像 Q_i を公開し、 $W_{i-1} = Q_{i-1} - Q_i$ をもって偽造者 i の透かしパターンであると主張する。

【0079】

そこで、画像 P_0 の正当な所有者（正規の署名者）は、自己が公開した画像 Q_1 と、 i 番目の偽造者が公開した画像 Q_i とを用いて、容易に、

$$W_{0i} = Q_0 - Q_i$$

$$W_{1i} = Q_1 - Q_i$$

を作成することができる。そして、画像 Q_0 ($\equiv P_0$) の所有者は、公開された画像 Q_i の中に既に W_{01} が埋め込まれていることを次のように証明することができる。すなわち、

$$W_{0i} - W_{1i} = (Q_0 - Q_i) - (Q_1 - Q_i) = Q_0 - Q_1 = W_{01} \quad (7)$$

となり、画像 Q_0 の正当な所有者は、偽造されて公開された画像 Q_i から、直ちに自己の署名 W_{01} を取り出すことができるのである。

【0080】

この関係を $i = 2$ のケースについて例示したのが、図17 (a) ないし (g) である。図17 (a) に示した原画像 Q_0 に対する透かし信号 S_1 によって Q_1 が得られ、画像 Q_0 、 Q_1 から位相差パターン図 (d) が生成される。同様な透かし信号 S_2 によって Q_1 が上書きされても、同図 (g) に示すように画像 Q_2 の中に、正当な位相差パターンが保存されていることが直ちに理解される。

【0081】

更に過酷な上書き攻撃として結託攻撃がある。これは、原画像 P_0 の所有者が2人以上の人物に、原画像 P_0 のコピー（但し、埋め込まれた電子透かし情報は異なる）を正当な手段で配布したとき、その受領者が結託して原画像 P_0 を推定することが可能であるか否かという問題である。電子透かしは、配布の形態を考

えると、同じ画像に対して、異なる署名を用いなければならない場合が存在する。例えば、一つの画像を二以上のものに正規に配布した後で、不正なコピーが配布された場合は、その流出元を探索するためには、正規に配布された画像には、異なる署名がなされていることが必要になる。複数のコピーを、異なるチャンネルに正規に配布する場合には、異なる署名を付加することが望ましいが、同じアルゴリズムで異なる電子透かしを埋め込んだ2以上の画像が存在すると、原画像を秘密状態に保管しておいても、配布された2以上の画像から、電子透かしを特定し、これを攻撃することが容易となりやすい。

【0082】

この結託攻撃に対する本実施例の電子透かしの耐性について簡略に検討する。議論を簡単にするために、コピー受領者を a , b とし、それぞれに異なる透かし信号を埋め込んだ画像 $Q1a$, $Q1b$ を配布したとする。このとき、 $Q1a$, $Q1b$ のフーリエ変換による周波数スペクトル $F1a$, $F1b$ の差分を作ると、透かし信号 $S1a$, $S1b$ を知ることができる。従って、仮に $S1a \neq S1b$ ならば ($S1a$, $S1b$) の結果とフーリエスペクトル $F1a$, $F1b$ から、原画像のフーリエスペクトル $F0$ を推定し、これを逆変換することで原画像 $P0$ の近似画像 $Q0$ を再構築することができる。この場合、結果的に透かし信号 $S1$ を察知することができることになる。そこで、こうした結託攻撃に対処するためには、微小変化分 ΔF を、微小変化分 ΔF を埋め込んだ後、画像を異なる圧縮率で圧縮して、周波数スペクトル $F1a$, $F1b$ の分布を歪ませておけばよい。あるいは、付加する微小変化分 ΔF の絶対値は異ならせるものの、微小変化分 ΔF を加えるフーリエスペクトル上の位置を同一にしておけばよい。後者の例を、図17 (h) ないし (j) に示す。図17 (h) は、周波数スペクトル $F1a$, $F1b$ 上の同一個所に異なる量の透かし信号 $S3$ を埋め込んだときに得られる画像を、同図 (i) は透かし信号 $S3$ に対する位相差パターンを、各々示している。この例では、同図 (j) に示す周波数スペクトル $F1a$, $F1b$ の差分値 $|S1a - S1b|$ は、同じ箇所に累積した値として現われるから、二つのコピー画像にそれぞれ付加した電子透かしに対応したスペクトル値を予想することは実質上まったく困難である。

【0083】

以下、その他の画像処理に対する本実施例の優位性について説明する。図18 (a) ~ (c) は、電子透かしを埋め込んだ画像Q1を作成するために必要とした微小変化分 $\Delta F1(u, v)$ の値を変化させたときの出力画像、位相差パターンを、対応づけて示す説明図である。埋め込み情報が大きくなるに従い画質の劣化を招き、画像が乱れるが、埋め込み量が $\Delta F1(u, v) = 2.0 \times 10^2$ 程度までは出力画像に視覚的な劣化は認められず、必要十分な実用性が認められることが理解されよう。

【0084】

図19は、データ圧縮処理と上書き攻撃についての実験である。図19 (a) は、第2実施例の手法により電子署名が埋め込まれた画像Q1の位相差パターン $|W01|$ を示しており、この画像Q1をJPEG方式で75パーセントに圧縮した場合の画像を、同図 (b) に示す。この画像Q'1には、非圧縮のQ0 ($\equiv P0$) との差分に相当するノイズが生じる。このとき、位相差パターンW01は、同図 (c) に示したように、 $W'01 = Q0 - Q'1$ に変化する。そして、このQ'1に対して第三者が、同図 (d) に示す位相差パターン $W'12 (= Q'1 - Q'2)$ を、電子透かしとして埋め込むと、画像の位相差パターンW02は、同図 (e) に示すように、 $W'02$ に変化する。この場合でも、画像Q1と画像Q2との差分として得られる位相差パターンの $W'12$ (図19 (f) 参照) を用いて、

$$W'02 - W'12 = W'01 \equiv W01 \quad (8)$$

として元の位相差パターンW01を取り出すことができる。

【0085】

図20は、下位ビットプレーンの削除に対して、第2実施例の電子透かしがどの程度の耐性を持っているかを示す説明図である。同図 (a) は、電子透かしとして付加された位相差パターン $|W01|$ を示す。この透かし信号S1を埋め込んだ画像Q1のビットプレーン0から1までのデータを削除し、代わりに0で埋め、最大値が255になるような正規化処理を行なった。このとき得られた画像Q'1を、同図 (b) に示した。下位のビットプレーンを削除すると、この

画像 $Q' 1$ と原画像 $P 0$ との差分にノイズが発生し、位相差パターン $W 0 1$ は、同図 (c) に示す位相差パターン $W' 0 1$ に、変化した。この画像 $Q' 1$ に対し、第三者が、同図 (d) に示す位相差パターン $W' ' 1 2 (=Q' 1 - Q' 2)$ を、新たな電子透かしとして埋め込んだとき、同図 (e) に示した位相差パターン $W' 0 2$ が得られる。この場合でも、同図 (f) に示した位相差パターン $W' 1 2$ を用いて、上式 (8) で示したように、元の位相差パターン $W 0 1$ とほぼ同じパターンを得ることが可能である。また、削除するビットプレーンを変えて実験を行なった結果、ビットプレーンは 0～3 までであれば、削除しても、位相差パターンを復元できた。

【0086】

次に、電子透かしを埋め込んだ画像に種々のノイズを加えた場合の透かしの保存性について説明する。図 21 は、原画像 $P 0$ に、(a) に示す位相差パターン $W 0 1$ を電子透かし信号 $S 1$ として埋め込んだ画像 $Q 1$ に対し、 -40 dB から $+40 \text{ dB}$ のガウス性雑音を加えた場合についての検討結果を示す説明図である。雑音が付加された画像 $Q' 1$ を、同図 (b) に示す。この場合、原画像 $P 0$ との差分がノイズとなり、埋め込まれた位相差パターン $W 0 1$ は、同図 (c) に示すように、パターン $W' 0 1$ に変化する。かかるノイズが加えられた画像 $Q' 1$ に対し、第三者が同図 (d) に示す位相差パターン $W' ' 1 2 (=Q' 1 - Q' 2)$ を、電子透かしとして埋め込んだとき、位相差パターン $W' 0 2$ は、同図 (e) のように変化する。かかる場合でも、二つの画像の差分として得られる位相差パターン $W' 1 2$ (図 21 (f) 参照) を用いて、式 (8) で示したように、正規の電子透かしに対応した位相差パターン $W 0 1$ とほぼ同じパターンを得ることが可能である。すなわち、こうしたノイズの重畳に対しても本実施例による電子透かしは十分に機能する。

【0087】

図 22 は、誤差拡散法を用いた階調変換に対する検討結果を示す説明図である。同図 (a) は位相差パターン $|W 0 1|$ を示しており、この位相差パターン $W 0 1$ を、透かし信号 $S 1$ として埋め込んだ画像 $Q 1$ を 6 階調に落とす処理を行なった結果を、同図 (b) に示した。階調を低減したことにより画像 $Q' 1$ が得ら

れた。この画像 $Q'1$ と原画像 $P0$ との差分にはノイズが発生し、埋め込まれた位相差パターン $W01$ は、同図(c)に示したパターン $W'01$ に変化する。この画像 $Q'1$ に対し、第三者が同図(d)に示す位相差パターン $W''12 (= Q'1 - Q'2)$ を電子透かしとして埋め込んだとき、位相差パターン $W02$ は、同図(e)に示したパターン $W'02$ に変化する。この場合でも、同図(f)に示した位相差パターン $W'12$ を用い、上述した式(8)で示した演算操作を行なうことにより、容易に、正規の電子透かしに対応した位相差パターン $W01$ とほぼ同じパターンを得ることができる。

【0088】

以上説明したように、第2実施例の電子透かしの埋め込み方法により埋め込んだ電子透かしは、データ圧縮に対してもまた複数回の上書き攻撃に対しても、十分な耐性を有するばかりでなく、最も悪意的な結託攻撃に対しても実用的な耐性を付与することができる。また、図19ないし図22を用いて説明したノイズやデータ圧縮と上記の上書き攻撃とが重複した場合でも、原画像 $P0$ に加えた位相差パターンは保存され、電子透かしとして用いることができる。

【0089】

以上本発明のいくつかの実施例について説明したが、本発明は上記の実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能である。例えばフーリエ変換により得られた行列の実数部に、微小変化分を付加することも何ら差し支えない。また、フーリエ変換された行列の高周波領域に対応する要素に、微小変化分を付加するものとしても良い。更に、主として低周波成分からなる領域が特定できる変換方法としては、ウェットレット変換に何ら限定されるものではなく、他の変換方法を採用することも何ら差し支えない。もとより、ウェットレット変換も、ハール基底を用いるものに限定されるものではなく、他の手法を用いたウェットレット変換を用いることもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1実施例としての電子透かし処理装置の構成を示すブロック図であ

る。

【図 2】

電子透かし埋め込み部 42 の機能を示すブロック図である。

【図 3】

実施例 1 の透かし情報の埋め込み処理の手順を示すフローチャートである。

【図 4】

本実施例において扱われる原画像 P0、電子透かしを埋め込んだ画像 P1 および埋め込まれた位相差パターン W01 の一例を示す説明図である。

【図 5】

実施例において得られたフーリエ変換スペクトルの実数部 FR、虚数部 FI の一部を示す説明図である。

【図 6】

微小変化分付加ルーチンの詳細を示すフローチャートである。

【図 7】

データ圧縮による実施例の位相差パターンの変化の様子を示す説明図である。

【図 8】

同じく下位ビットレートの一部代替による画像と位相差パターンの変化の様子を示す説明図である。

【図 9】

同じくホワイトノイズによる画像と位相差パターンの変化の様子を示す説明図である。

【図 10】

多重攻撃を受けた画像と位相差パターンの一例を示す説明図である。

【図 11】

実施例 2 の透かし情報の埋め込み処理の手順を示すフローチャートである。

【図 12】

ハールウェーブレット変換の説明図である。

【図 13】

画像の多重解像度解析手順の説明図である。

【図 14】

実施例 2 の遠視透かし埋め込み処理ルーチンのフローチャートである。

【図 15】

実施例 2 の第 2 階層への分解を説明する説明図である。

【図 16】

その透かし埋め込み画像と位相差パターン図である。

【図 17】

その透かし埋め込み画像への多重上書き攻撃の一例の説明図である。

【図 18】

透かし埋め込みによる画質の評価結果の説明図である。

【図 19】

J P E G 圧縮への耐性の評価結果の説明図である。

【図 20】

下位ビットプレーン削除処理への耐性の評価結果の説明図である。

【図 21】

雑音付加への耐性の評価結果の説明図である。

【図 22】

階調変換への耐性の評価結果の説明図である。

【符号の説明】

22 … C P U

24 … メインメモリ

26 … フレームメモリ

30 … キーボード

32 … マウス

34 … 表示装置

36 … ハードディスク

38 … モデム

39 … スキャナ

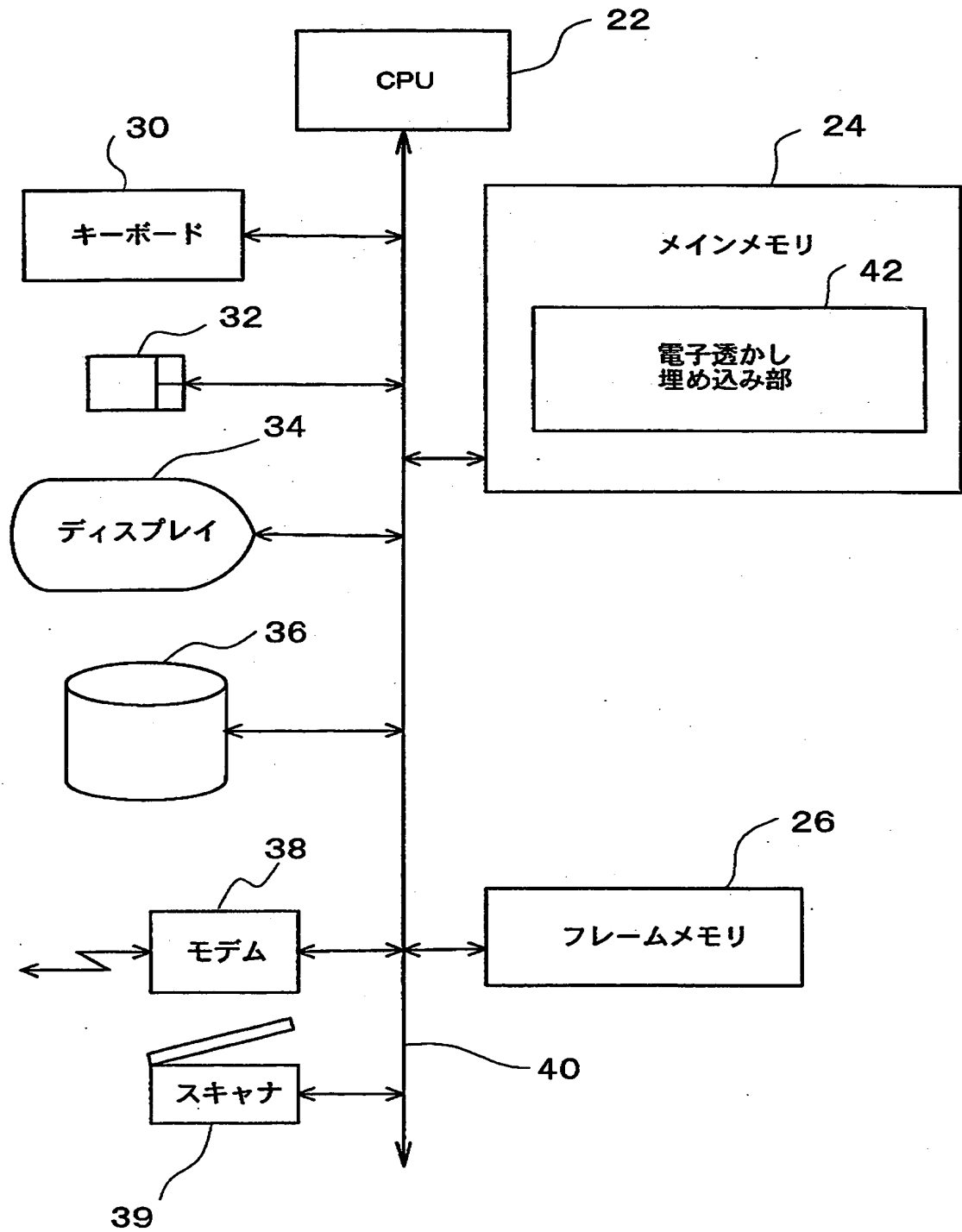
40 … バス

- 4 2 …電子透かし埋め込み部
- 5 0 …離散フーリエ変換部
- 5 2 …微小変化分付加部
- 5 4 …フーリエ逆変換部
- 6 0 …データ圧縮処理部
- 6 2 …離散フーリエ変換部
- 6 4 …微小変化分付加部
- 6 6 …フーリエ逆変換部
- 6 8 …データ逆圧縮処理部

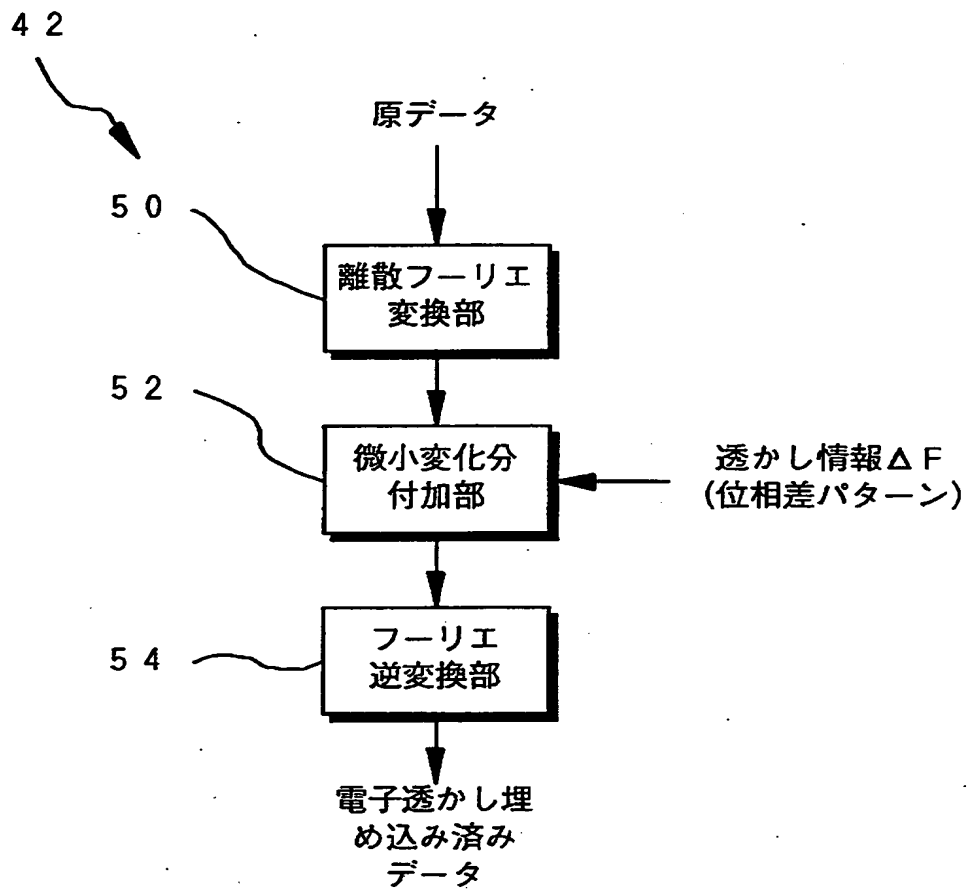
【書類名】

図面

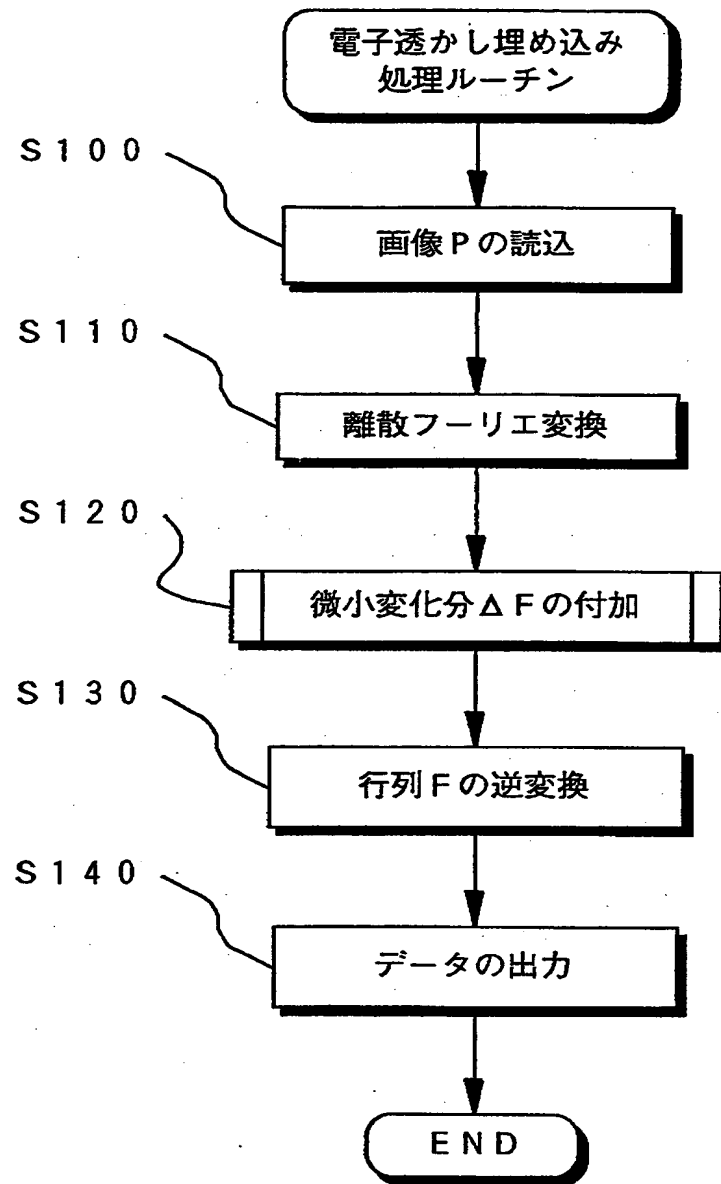
【図 1】



【図 2】



【図3】



【図4】

図面代用写真

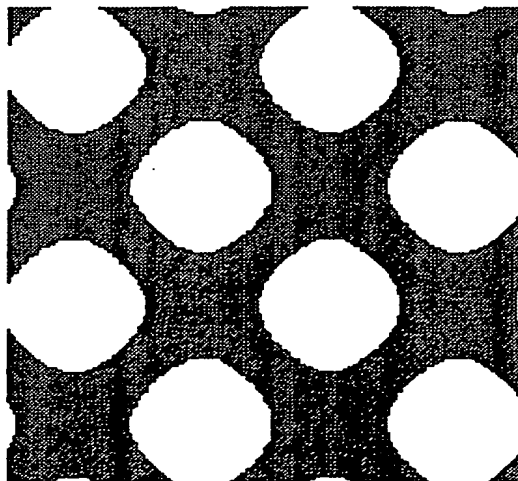
(A)
P 0



(B)
P 1



(C)
| W 0 1 |



【図 5】

(A) 実数部 F R

	253	254	255	0	1	2	3
253	0.28	-0.12	-0.14	-0.04	0.17	0.09	0.02
254	0.02	0.20	-0.32	0.38	-0.07	-0.23	-0.17
255	0.02	-0.07	-0.35	-0.09	-0.01	0.25	0.22
0	0.13	-0.16	-0.03	6.46	-0.03	-0.16	0.13
1	0.22	0.25	-0.01	-0.09	-0.35	-0.07	0.02
2	-0.17	-0.23	-0.07	0.38	-0.32	0.20	0.02
3	0.02	0.09	0.17	-0.04	-0.14	-0.12	0.28

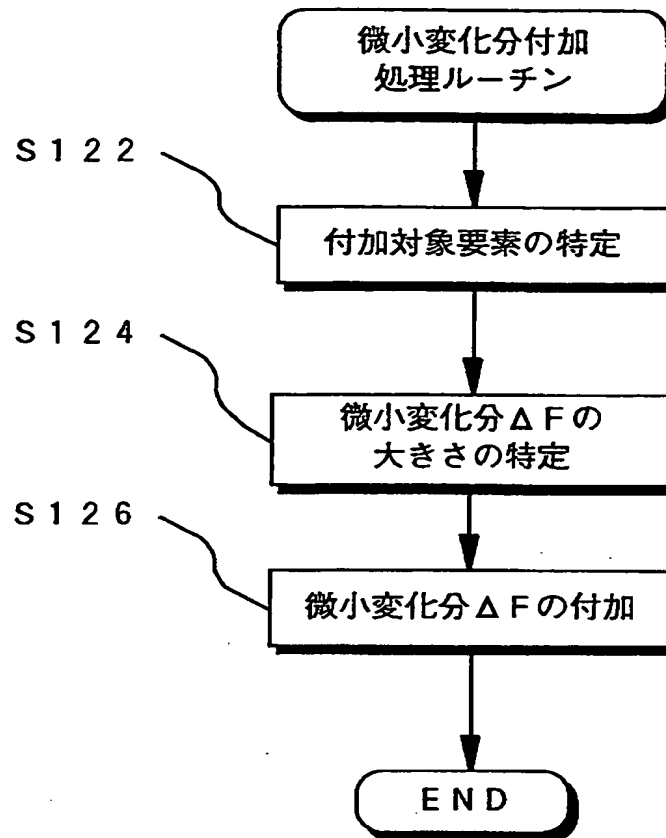
1.0e+006 *

(B) 虚数部 F I

	253	254	255	0	1	2	3
253	0.21	-1.93	4.74	-1.91	2.72	2.74	0.42
254	-1.47	1.47	0.64	2.49	0.77	-0.82	0.42
255	1.46	0.69	-4.67	-7.07	3.30	-0.19	-2.01
0	-0.80	-0.06	2.85	0.00	-2.85	0.06	0.80
1	2.01	0.19	-3.30	7.07	4.67	-0.69	-1.46
2	-0.42	0.82	-0.77	-2.49	-0.64	-1.47	1.47
3	-0.42	-2.74	-2.72	1.91	-4.74	1.93	-0.21

1.0e+005 *

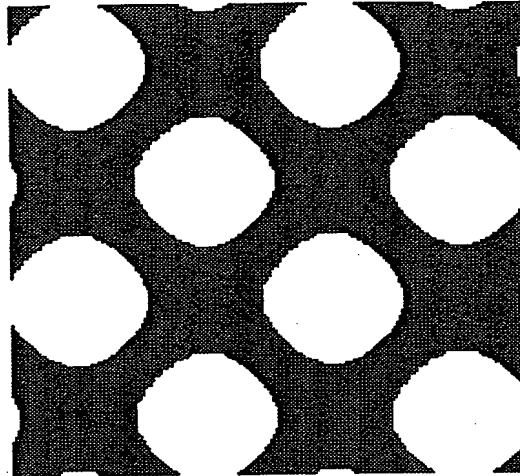
【図6】



【図 7】

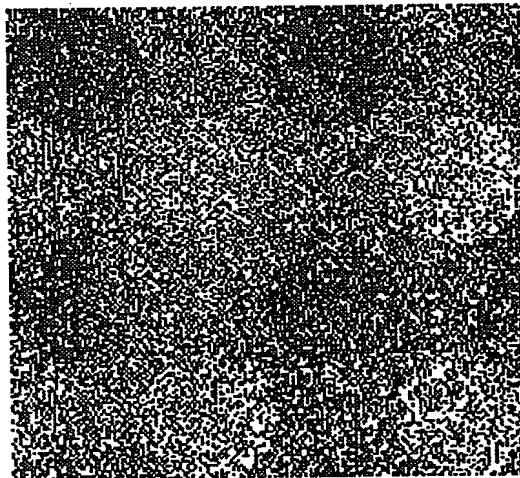
(A)

| W01 |



(B)

| W01' |



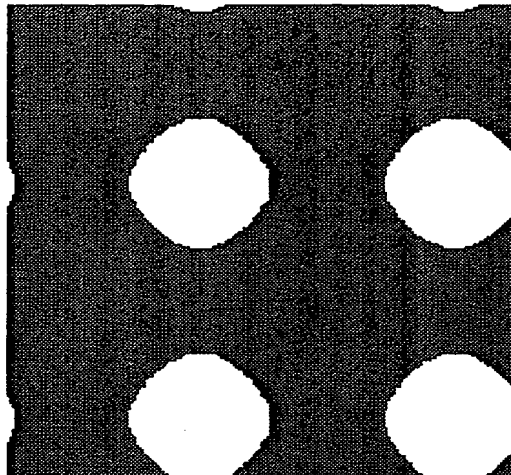
図面代用写真

特平 10-32289

【図 8】

図面代用写真

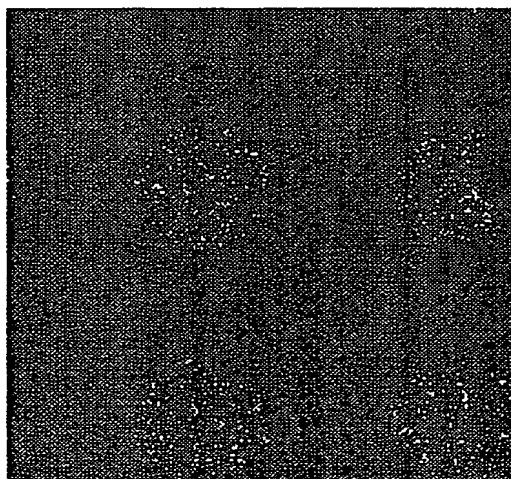
(A)
| W01 |



(B)
P 1'



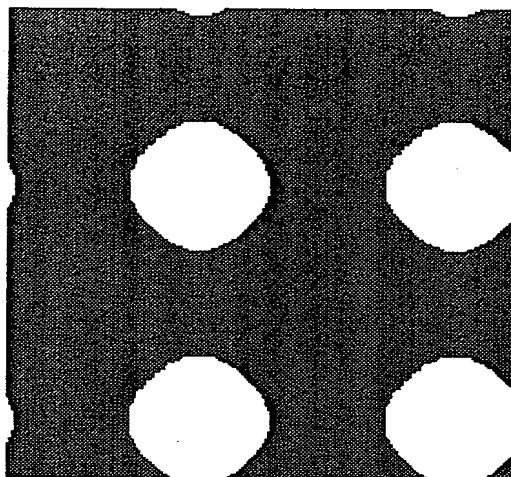
(C)
| W01' |



【図9】

図面代用写真

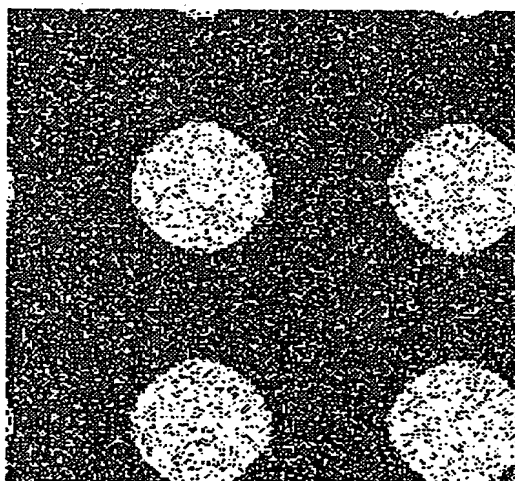
(A)
| W01 |



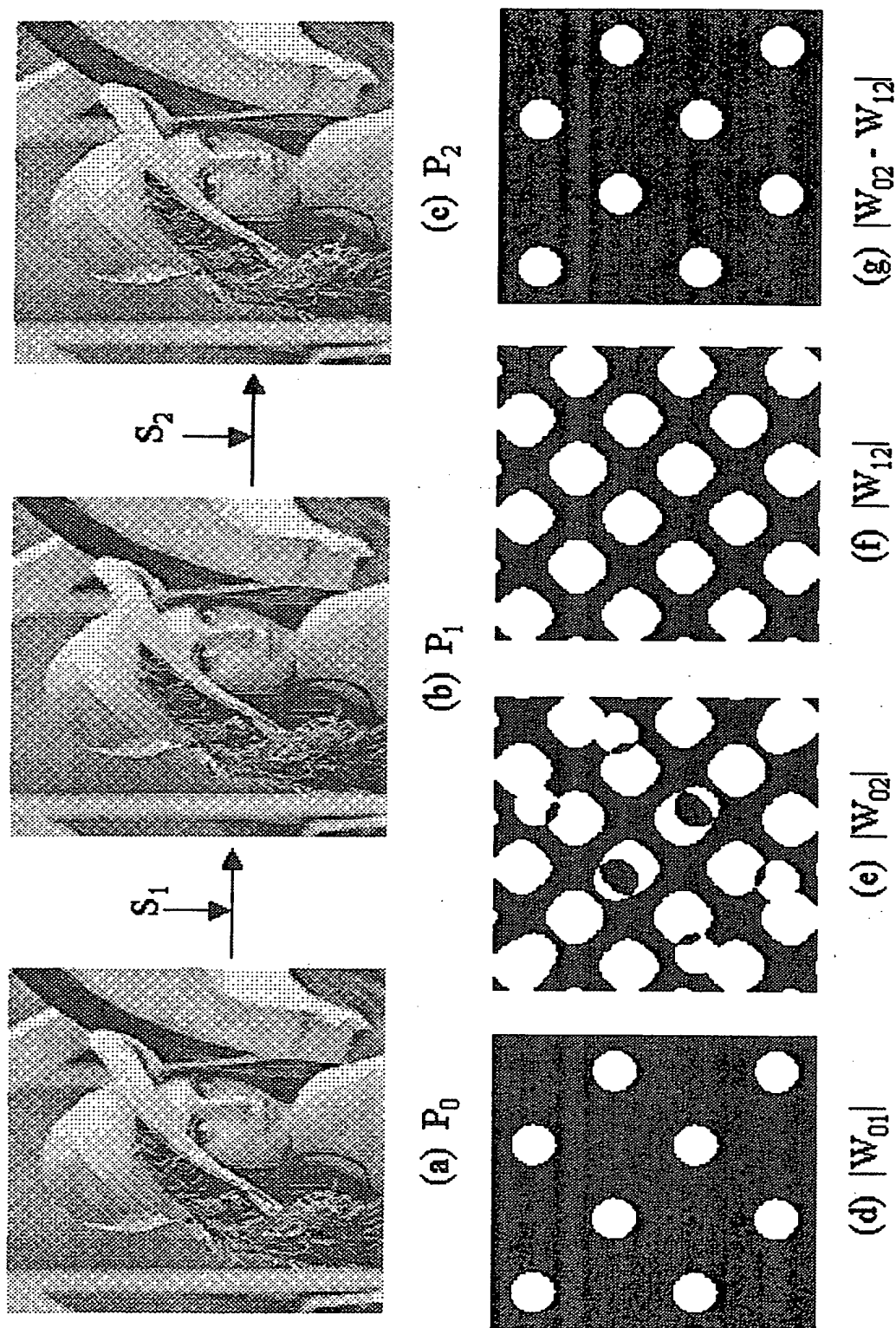
(B)
P 1'



(C)
| W01' |

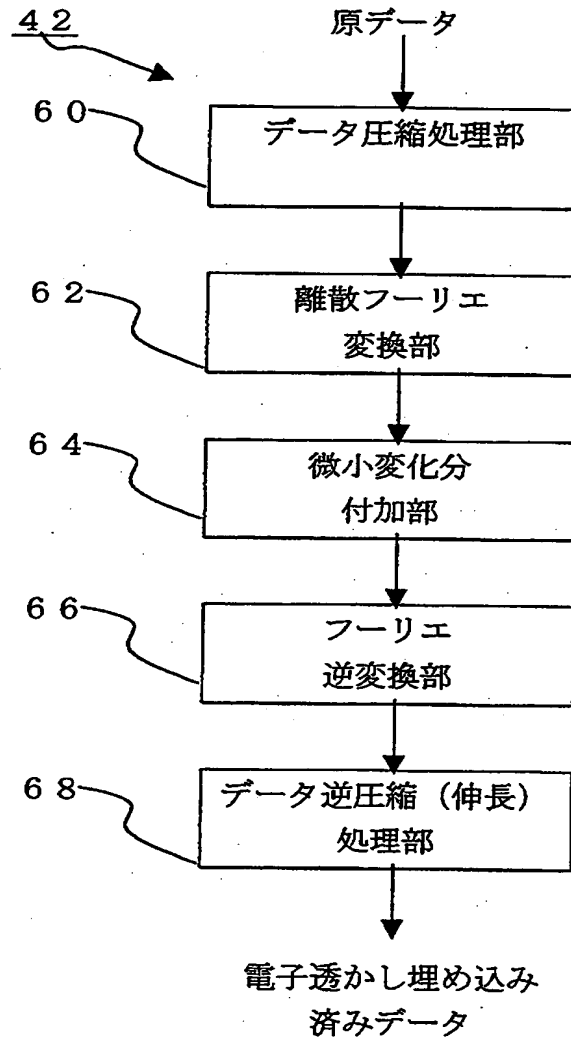


【図 10】

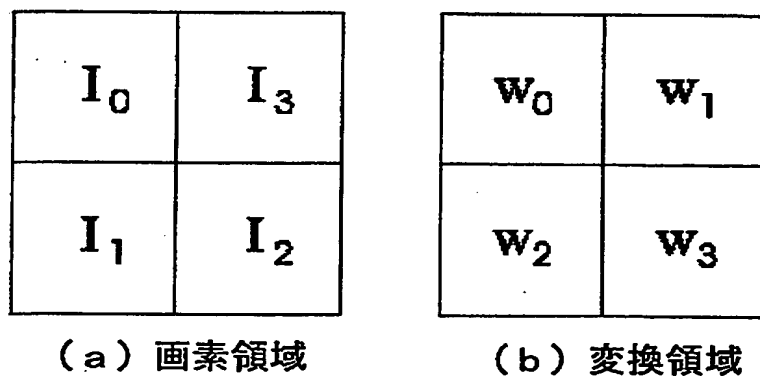


写真用代用図面

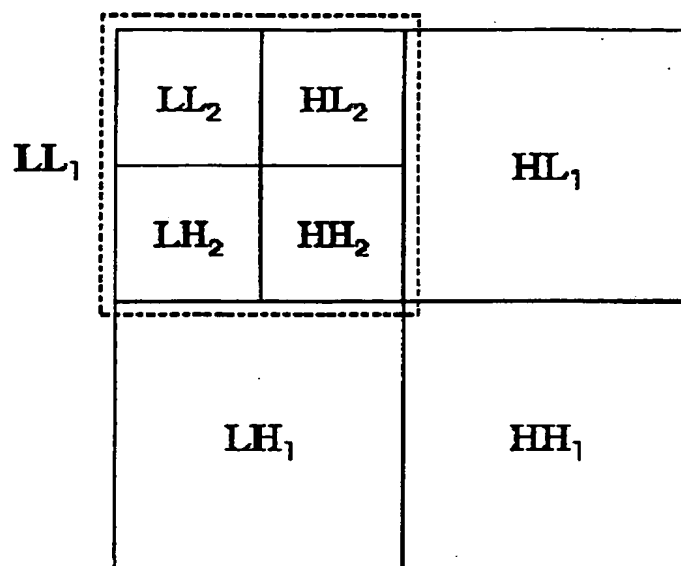
【図 11】



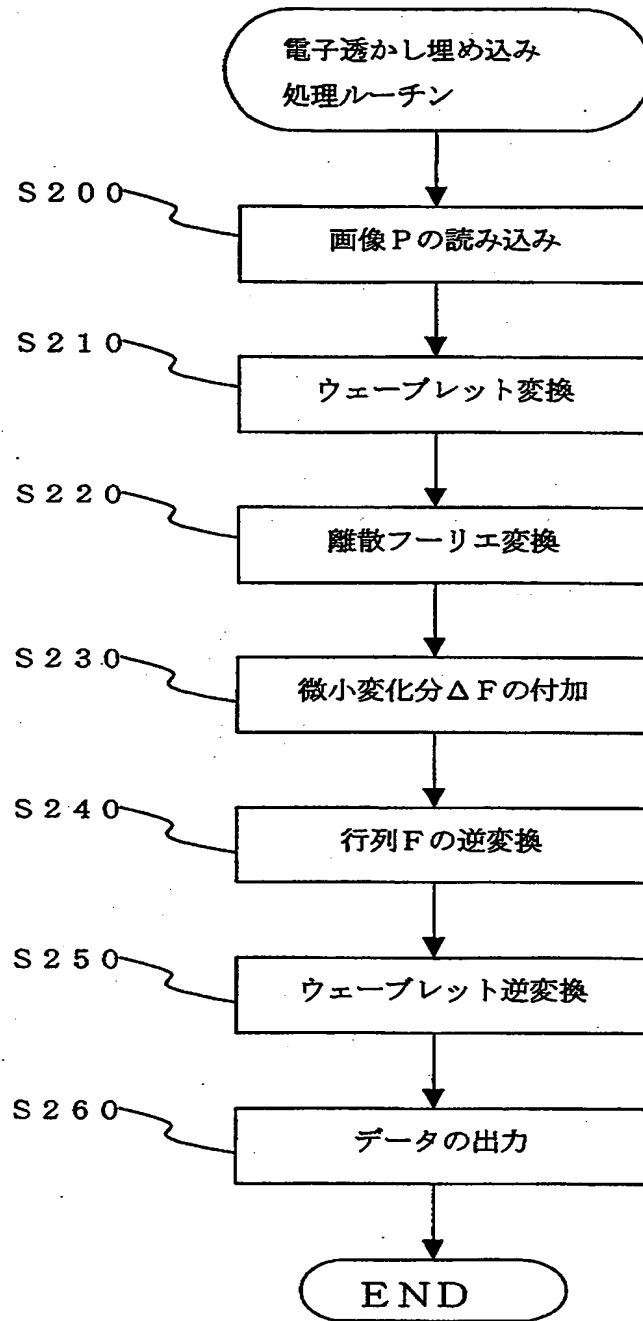
【図 12】



【図 13】

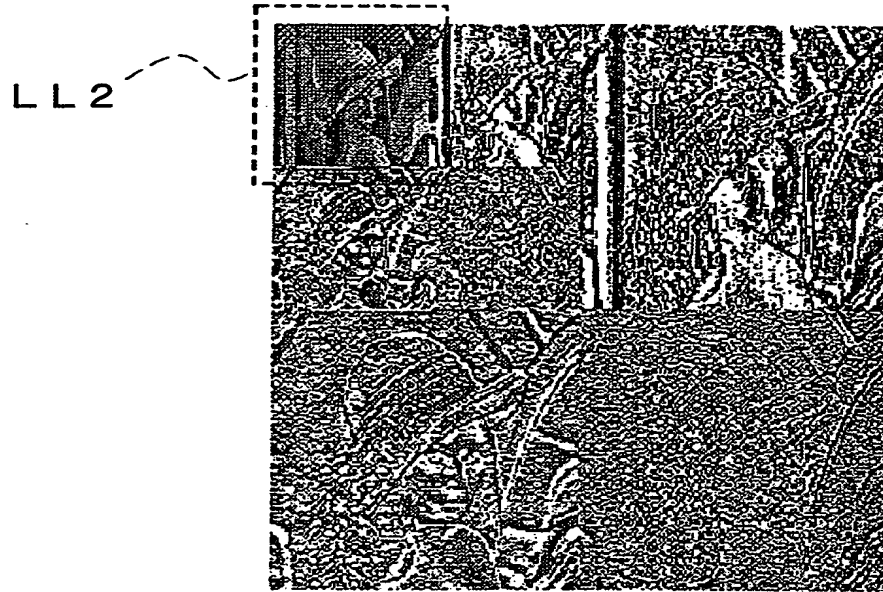


【図 14】



【図 15】

図面代用写真

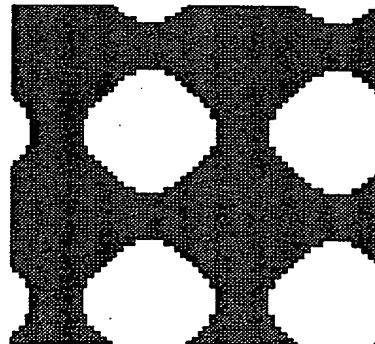


【図 16】

図面代用写真



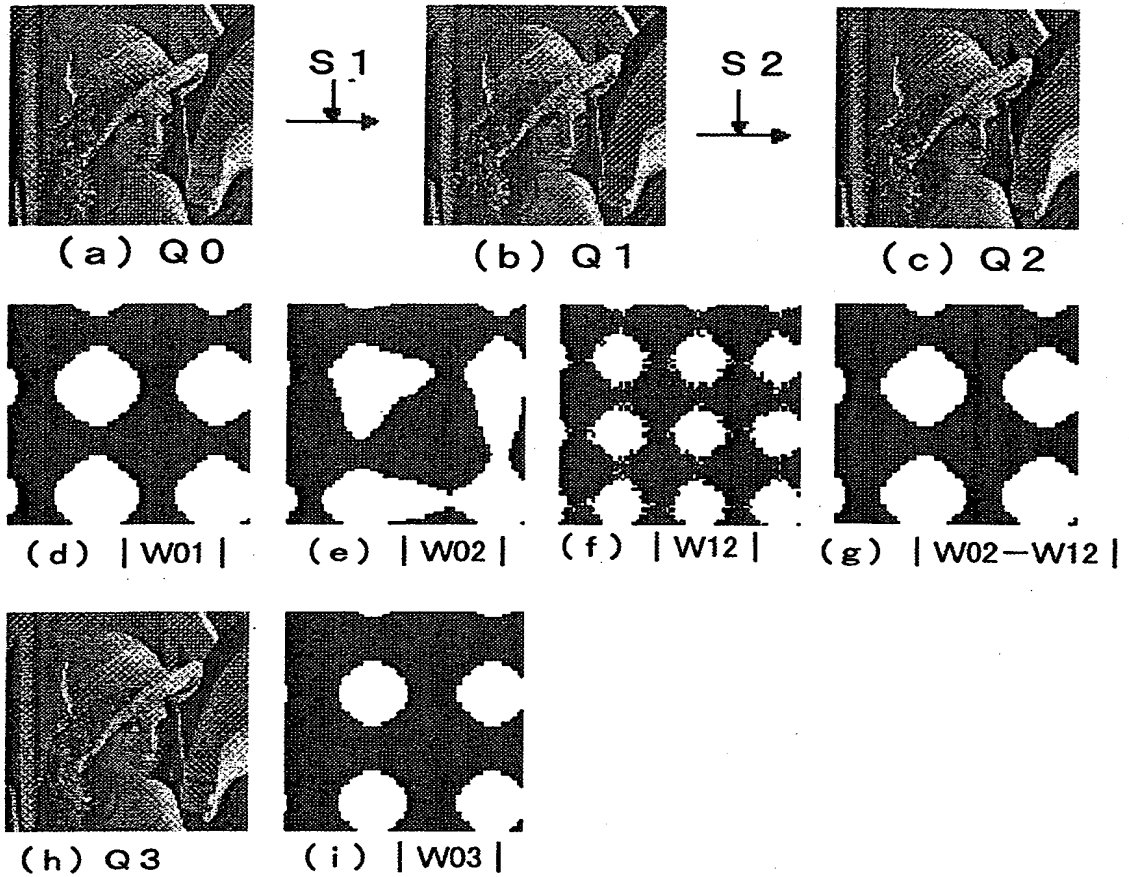
(a) 埋め込み画像



(b) 位相差パターン図

【図 17】

図面代用写真



	254	255	0	1	2
254	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.00
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	-3.00	0.00	0.00

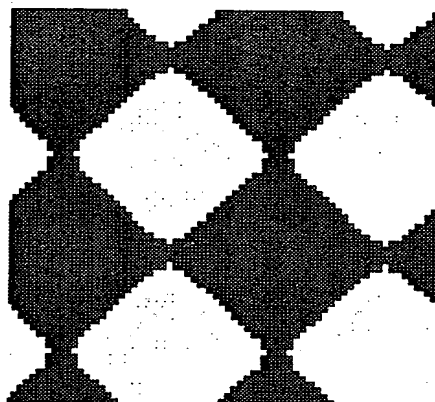
1. 0 e+004*

(j) |S1-S3|

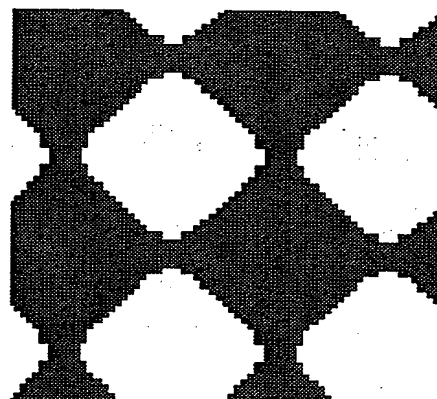
特平 1 0 - 3 2 2 8 9

【図 1 8】

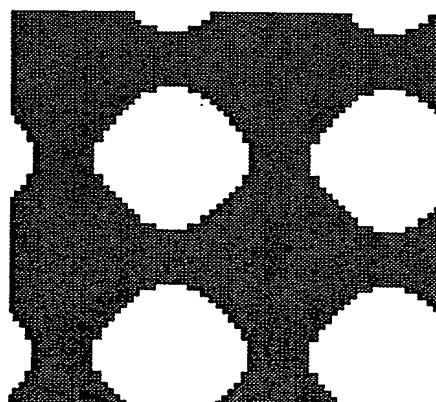
図面代用写真



(a) $\Delta = 5.0 * 10^{-2}$



(b) $\Delta = 3.0 * 10^{-2}$

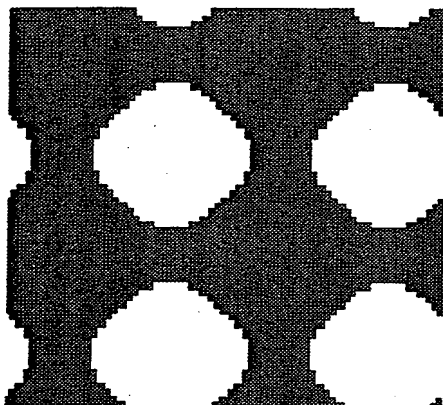


(c) $\Delta = 1.0 * 10^{-2}$

特平 10-32289

【図 19】

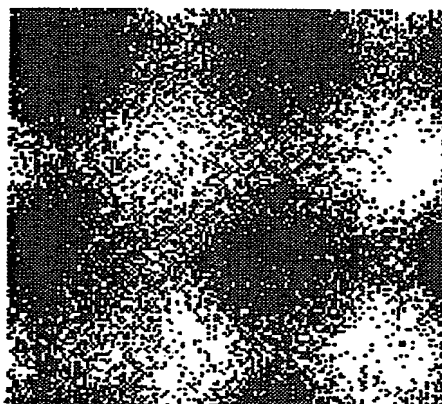
図面代用写真



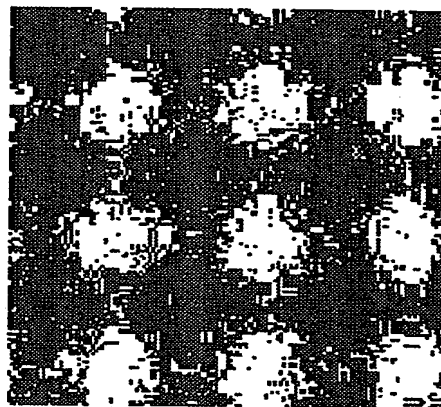
(a) W01



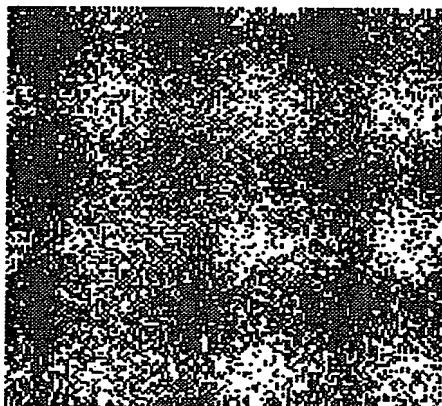
(b) Q1'



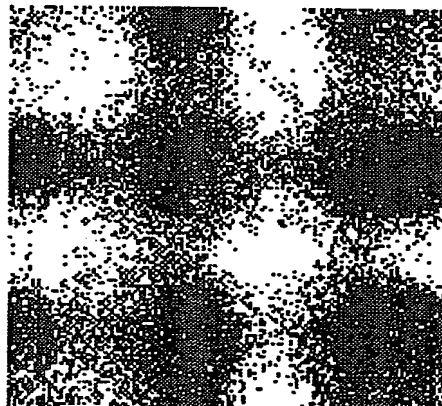
(c) W01'



(d) W12''



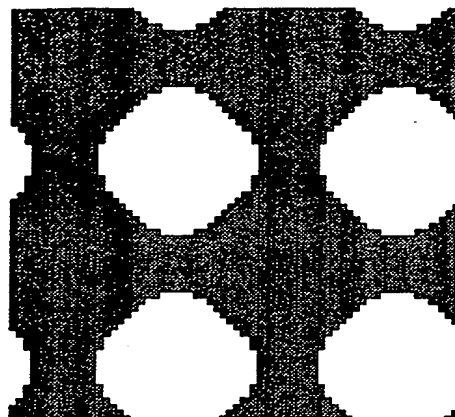
(e) W02'



(f) W12'

【図 20】

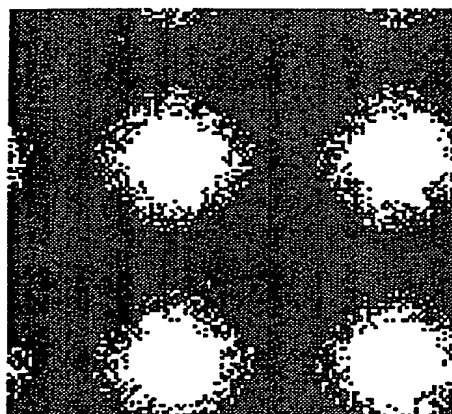
図面代用写真



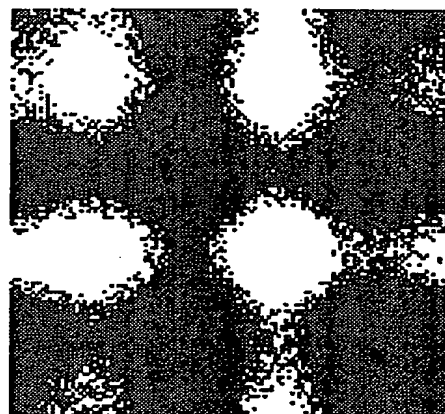
(a) W01



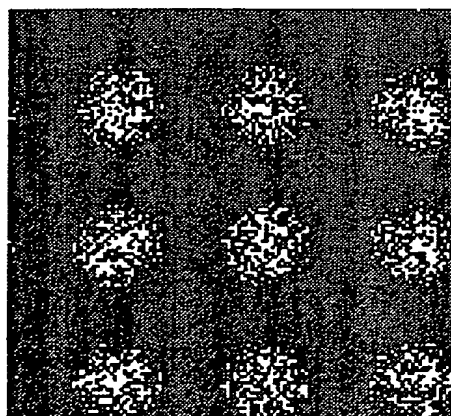
(b) Q1'



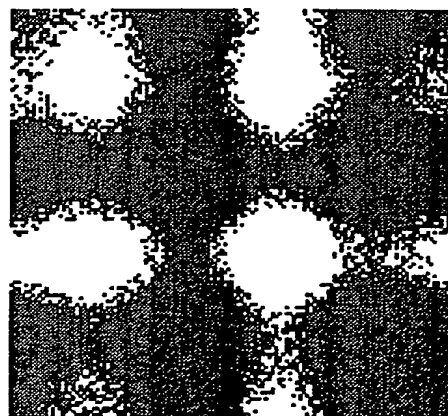
(c) W01'



(d) W12''



(e) W02'

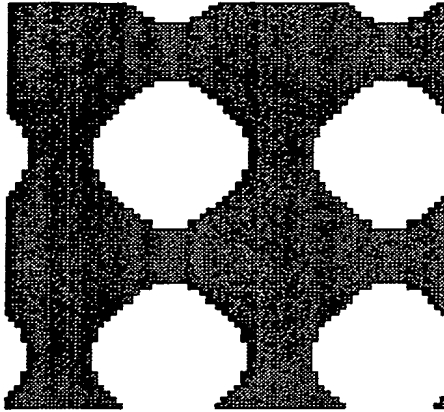


(f) W12'

特平10-322899

【図21】

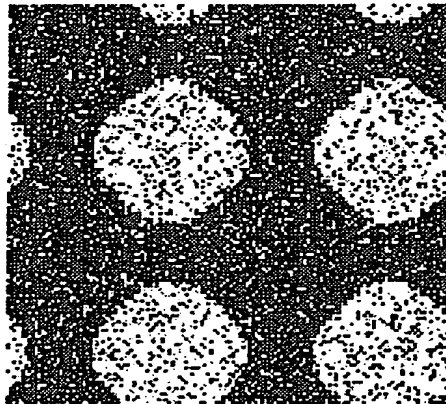
図面代用写真



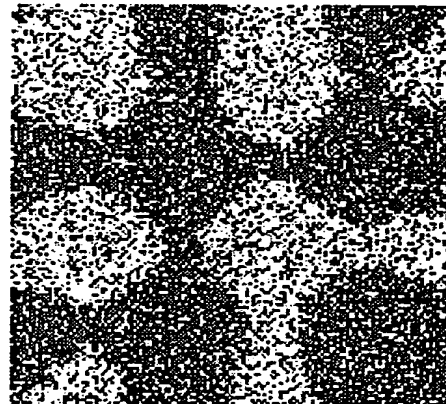
(a) W01



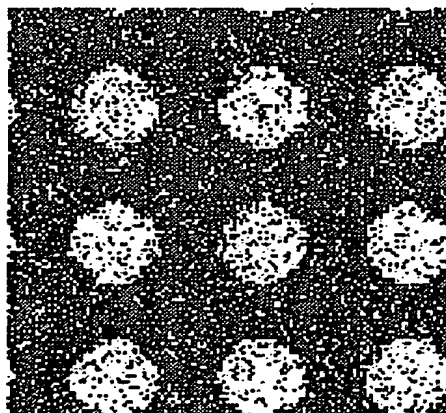
(b) Q1'



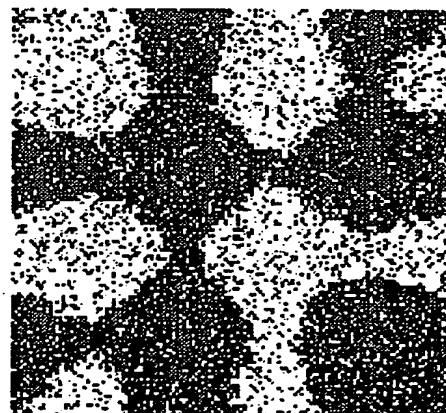
(c) W01'



(d) W12''



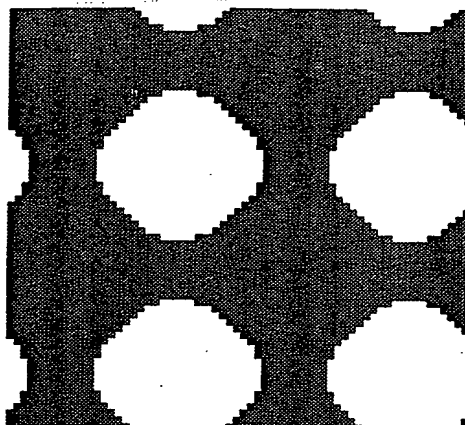
(e) W02'



(f) W12'

【図 2 2】

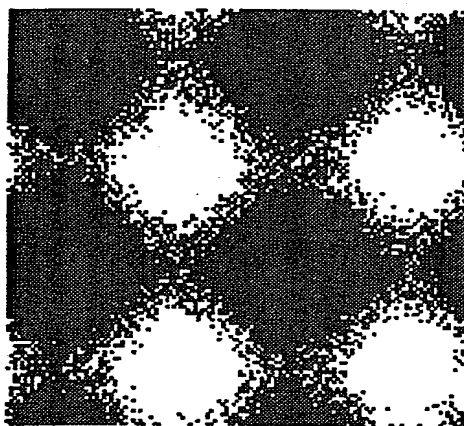
図面代用写真



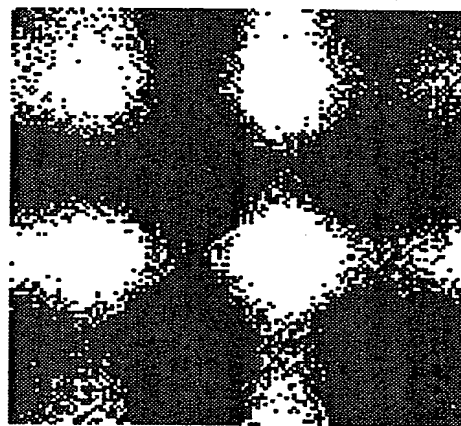
(a) W01



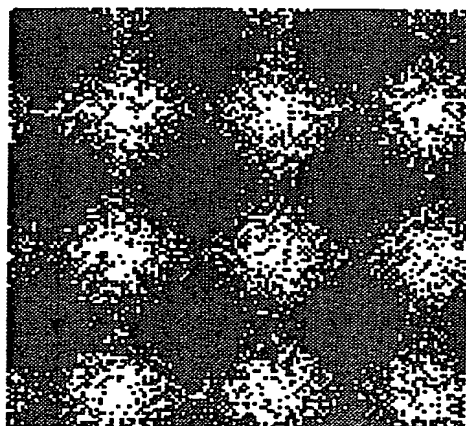
(b) Q1'



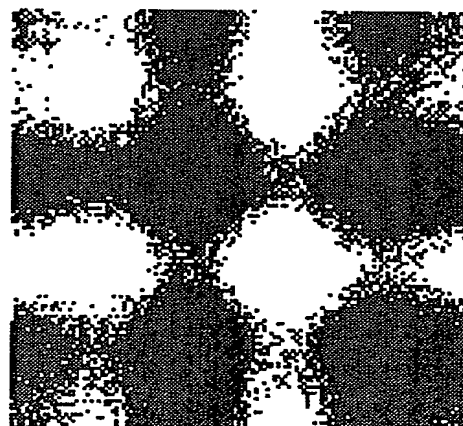
(c) W01'



(d) W12''



(e) W02'



(f) W12'

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電子透かしを埋め込んだデータに対して同様のアルゴリズムによる異なる透かし情報の上書きを受けた場合でも、原データに埋め込んだ電子透かしを取り出し可能とする。

【解決手段】 オリジナルの画像データ $P0$ をフーリエ変換して得られた行列 F の所定の要素を特定し（ステップ $S122$ ）、その要素の実数部 FR または虚数部 FI に対して、所定の大きさの微小成分 ΔF を加える（ステップ $S124$, 126 ）。このとき、フーリエスペクトルの対称性に留意して微小成分 ΔF を差し引きする。微小成分 ΔF を加えた行列を逆変換することにより得られた画像には、微小成分 ΔF に対応した位相差パターン $W01$ が埋め込まれており、このパターンは、原画像が秘匿されていれば、埋め込み済みの画像から取り出したり、上書き攻撃により抹消したりすることができない。同様の処理を、原画像をウェット変換して得られた低周波成分からなる領域に対して行なうこともできる。

【選択図】 図 6

【書類名】 手続補正書

【提出日】 平成10年12月 7日

【あて先】 特許庁長官 伊佐山 建志 殿

【事件の表示】

 【出願番号】 平成10年特許願第322899号

【補正をする者】

 【事件との関係】 特許出願人

 【識別番号】 000163006

 【氏名又は名称】 興和株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100096817

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 五十嵐 孝雄

 【電話番号】 052-218-5061

【代理人】

 【識別番号】 100097146

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 下出 隆史

【手続補正 1】

 【補正対象書類名】 特許願

 【補正対象項目名】 代理権を証明する書面

 【補正方法】 追加

 【補正の内容】

 【提出物件の目録】

 【物件名】 委任状 1

委任状

平成10年12月2日

私（私ども）は、

識別番号100096817 弁理士 五十嵐 孝 雄 氏、

識別番号100097146 弁理士 下 出 隆 史 氏、および

識別番号100102750 弁理士 市 川 浩 氏

を以て代理人として下記事項を委任します。

1. 平成10年特許願第322899号



に関する一切の手続。

2. 上記出願または平成10年特許 願第 276490 号

に基づく特許法第41条第1項または実用新案法第8条第1項の規定
による優先権の主張及びその取下げ。

3. 上記出願に関する出願の変更、出願の放棄及び出願の取下げ。

4. 上記出願に関する拒絶査定に対する審判の請求。

5. 上記出願に関する補正の却下の決定に対する審判の請求。

6. 上記出願に係る特許権、実用新案権、意匠権、商標権又は防護標章登録に
基づく権利及びこれらに関する権利に関する手続並びにこれらの権利の放棄。

7. 上記出願に係る特許に対する特許異議の申立て又は商標（防護標章）登録に
対する登録異議の申立てに関する手続。

8. 上記出願に係る特許、特許権の存続期間の延長登録、意匠登録、商標登録、
防護標章登録又は商標（防護標章）更新登録に対する無効審判の請求に関する
手続。

9. 上記出願に係る特許権に関する訂正の審判の請求。

10. 上記出願に係る商標登録に対する取消しの審判の請求に関する手続。

11. 上記各項の手続に関する請求の取下げ、申請の取下げ又は申立ての取下げ。

12. 上記出願に関する審査請求、優先審査に関する事情説明書の提出、刊行物の
提出、証明の請求及び上記出願または審判請求に関する物件の下附を受けるこ
と。

13. 上記各項に関し行政不服審査法に基づく諸手続をなすこと。

14. 上記各項の手続を処理するため、復代理人を選任及び解任すること。

住 所（居 所）

名古屋市中区錦三丁目6番29号

興和株式会社

氏 名（名 称）

代表取締役 三輪芳弘



印

認定・付加情報

特許出願の番号	平成10年 特許願 第322899号
受付番号	49840200015
書類名	手続補正書
担当官	高田 良彦 2319
作成日	平成11年 2月 1日

<認定情報・付加情報>

【提出された物件の記事】

【提出物件名】	委任状（代理権を証明する書面）	1
---------	-----------------	---

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000163006]

1. 変更年月日 1990年 8月20日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県名古屋市中区錦3丁目6番29号

氏 名 興和株式会社

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)